

Ademar José Vicente Marcos

**Vãos Envidraçados em Edifícios de Habitação:
Otimização, Eficiência Energética e Análise Económica**

Universidade Fernando Pessoa
Faculdade de Ciência e Tecnologia
Mestrado em Engenharia Civil
Porto, 2013

Ademar José Vicente Marcos

**Vãos Envidraçados em Edifícios de Habitação:
Otimização, Eficiência Energética e Análise Económica**

Universidade Fernando Pessoa
Faculdade de Ciência e Tecnologia
Mestrado em Engenharia Civil
Porto, 2013

Ademar José Vicente Marcos

Vãos Envidraçados em Edifícios de Habitação: Otimização, Eficiência Energética e Análise Económica

Assinatura:

“Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil ”

Porto, 2013

Sumário:

O aumento crescente da população mundial como também do desenvolvimento económico dos países, tem originado pressões sobre o ambiente, designadamente no que concerne a ameaças das alterações climáticas que estão intimamente ligadas ao consumo de energia, cuja produção é maioritariamente feita a partir de combustíveis fósseis que no processo de transformação provoca libertação de gases de efeito de estufa com maior incidência de CO₂. Por tudo isso, a União Europeia tem implementado um conjunto de Diretivas através das quais pretende simultaneamente reduzir a dependência energética e ainda acelerar o processo de descarbonização, que passa por medidas de eficiência energética nomeadamente no sector dos edifícios.

Na verdade, a fraca eficiência dos edifícios é uma das principais causas que contribui para o consumo excessivo de energia. As janelas são um dos elementos por onde existem perdas de energia consideráveis, em especial perdas de calor na época de aquecimento (inverno) por outro lado também propiciam entradas de ar não controláveis e indesejáveis.

Assim sendo, este trabalho é preconizado no estudo dos consumos energéticos em edifícios, tendo sido adotado um caso de estudo de uma moradia ainda e fase de projeto localizada no concelho da Maia, zona climática I2–V1. O estudo incide na otimização dos vãos envidraçados através de aplicação de janelas com desempenhos energéticos diferentes, podendo-se assim analisar essas diferenças a nível energético no edifício. O estudo é realizado à luz da regulamentação da térmica de edifícios RCTTE, tendo-se recorrido aos programas de cálculo automático Cypeterm e Solterm.

Finaliza-se este trabalho com a realização de uma análise económica das várias soluções de janelas que compreende este estudo, para perceber-se a rentabilidade e viabilidade ou não, do investimento face à poupança total do consumo de energia. Esta última análise possibilita saber a previsão do tempo de retorno do investimento que é indispensável no processo de tomada de decisão, da adoção ou não de uma solução de janela mais eficiente em detrimento de uma solução menos eficiente.

Palavras – chave: Consumo de Energia, Edifícios, Eficiência Energética, Janelas, Desempenho Energético, Térmica, Standardização, Cypeterm.

Abstract:

The increase of the world population, as well as the country's economic development, as originated pressures on the environment, namely in what concerns to the climate change threats that are deeply linked to the energy consumption, whose production is mostly made by fossil fuels that in the process of transformation causes the release of greenhouse gases with major incidence on CO₂. With this, the European Union has implemented a set of Directives by which they want to both reduce the energetic dependency and accelerate the decarbonization process, that needs energetical efficiency measures namely in the buildings sector.

In fact, a weak energetical efficiency of buildings is one of the main causes to the excess of energetical consumption. The windows are one of the elements with the bigger energetical losses, specially heat losses on heating season (winter), on the other side they enable non controlable and unwanted air exchanges.

Therefore, this work is focused on the study of energetical consumption in buildings, having been adopted a dwelling as study case, during project phase located in Maia county, with climatic zone I2-V1. The study focus on the optimization of the glass spans through the application of windows with different energetical performance, and so allow the analysis of their differences in the building. The study follows the thermal regulation for buildings RCCTE, using computer software like Cypeterm and Solterm.

The work is concluded by making an economical analysis of the various windows solutions observed on the study, in order to understand its profitability and viability, of the investment compared to the total savings of energetical consumption. This last analysis allows to predict the turnaround time of the investment which is important in the decision process, by adopting or not a more efficient window for a least efficient.

Keywords: Energetical consumption, Buildings, Energetical efficiency, Windows, Energetical performance, Thermics, Standardization, Cypeterm

Dedico este trabalho ao meu filho Rafael, minha esposa Cristina, aos meus pais, Vera e Ademar, aos meus irmãos José Mário e Octávio, ao meu tio José Bernardo Vicente e familiares.

Agradecimentos

Venho, expressar a minha genuína gratidão a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, nomeadamente:

Ao Exmo. Professor Miguel Ferreira, meu orientador, no qual, agradeço e reconheço, todo estímulo permanente da sua orientação, e ainda pela disponibilidade que sempre demonstrou desde o contacto inicial e ainda pelo conhecimento e aconselhamento transmitido durante toda a elaboração deste trabalho, no qual, mais uma vez, agradeço com elevada consideração.

A todos os professores do curso de Engenharia Civil, de Mestrado, pela contribuição e ensino ao longo destes anos académicos que me proporcionaram novos conhecimentos.

À Top Informática pela disponibilização da utilização do programa informático Cypeterm.

Aos colegas do Mestrado e amigos, que sempre colaboraram ao longo desta vida académica me acompanharam e apoiaram nos momentos bons e menos bons.

Em especial ao meu filho Rafael Marcos à minha esposa Cristina meus pais Vera e Ademar e irmãos José e Octávio, meu tio José Bernardo obrigado, por todo o apoio das mais diversas formas. Apresento aqui as minhas desculpas, pedindo perdão se de alguma forma não estive mais presente nas vossas vidas.

E ainda a todos aqueles que de alguma forma direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Índice Geral

Sumário:	v
Abstract:	vii
Agradecimentos	ix
Índice Geral	x
Índice Figuras	xiv
Índices Quadros	xvii
Lista de Símbolos e Abreviaturas	xviii
Capítulo I–Enquadramento, objetivos e organização da dissertação	1
I.1 – O enquadramento do tema	1
I.2 – Os Objetivos.....	3
I.3 – A organização da Dissertação e metodologia adotada.....	4
Capítulo II – População mundial, implicações no consumo de energia e no ambiente	6
II.1 – Evolução do crescimento da população mundial.....	6
II.2 – A energia.....	8
II.2.1 – O consumo de energia a nível mundial.....	8
II.2.2 – Consumo de energia em Portugal	10
II.2.3 – Consumo de energia final em Portugal.....	12
II.2.3 – Consumo de energia no sector Edifícios	12
II.3 – Alterações climáticas, problemática e respostas adotadas.....	16
II.3.1 – Alterações climáticas, impactos a nível global e para Portugal.....	16
II.3.2–Instrumentos internacionais no combate às alterações climáticas	17
II.3.3 – Desenvolvimento Sustentável e Construção Sustentável	20
II.3.4 – Construção sustentável na Agenda 21	20
Capítulo III – Legislação com vista à eficiência energética na edificação	23
III.1 – Diretiva 2002/91/CE e regulamentação térmica de edifícios em Portugal .	23
III.1.2 – Desempenho energético de edifícios e classes energéticas	26
III.2 – A nova Diretiva Europeia para o Desempenho Energético de Edifícios	27
III.2.1 – Edifícios de balanço energético nulo ou quase nulo	30

III.3 – Benefícios bioclimáticos em edifícios e ganhos energéticos através da geometria solar	32
III.3.1 – O dimensionamento das áreas envidraçadas, em função da orientação solar	33
Capítulo IV – Legislação no âmbito de portas e janelas.....	35
IV.1.1 – Normas europeias para as portas e janelas	36
IV.1.2 – Seleção de janelas em função da exposição	38
IV.1.2.1 – Permeabilidade ao Ar – Ensaio e classificação	38
IV.1.2.2 – Estanqueidade à Água –Ensaio e classificação	40
IV.1.2.3 – Resistência ao Vento–Ensaio e classificação	40
IV.2 – Desempenho energético de janelas SEEP	41
IV.2.1 – Sistema de Etiquetagem Energética de Janelas (SEEP).....	41
IV.3 – Janelas com medidas standardizadas. Caso Francês	44
IV.3.1 – Vantagens das janelas com medidas standardizadas	46
IV.3.2 – Vantagens das janelas com medidas standardizadas no âmbito de projeto.....	46
IV.3.3– Vantagens das janelas com medidas standardizadas na fase de construção.....	47
Capítulo V – Mecanismos de transferência de calor em janelas.....	48
V.1 – Perdas térmicas através dos envidraçados	48
V.1.2 – Trocas de calor por condução	49
V.1.3 – Trocas de calor por convecção	49
V.1.4 – Trocas de calor por radiação.....	50
V.2 – Coeficiente de transmissão Térmica de uma janela	51
Capítulo VI – Tecnologia aplicada aos vãos envidraçados.....	52
VI.1 – Vão envidraçado.....	52
VI.2 – O Vidro.....	53
VI.2.2 – Os Fatores luminosos do vidro.....	54
VI.2.3 – Os Fatores energéticos do vidro	54
VI.3 – Tipos de vidros	57

VI.3.1 – Vidro simples	57
VI.3.2 – Vidro armado	57
VI.3.3 – Vidro laminado.....	57
VI.3.4 – Vidro temperado.....	57
VI.3.5 – Vidro de autolimpeza	58
VI.3.6 – Vidro de isolamento térmico.....	58
VI.3.7 – Vidro de baixa emissividade	59
VI.3.8 – Gases que melhoram as propriedades térmicas dos vidros	60
VI.4 – Caixilharia.....	60
VI.4.1 – Caixilharia de alumínio	62
VI.4.2 – Caixilharia de madeira	64
VI.4.3 – Caixilharia de plástico (PVC) reforçada com perfis em aço.....	65
VI.4.4 – Caixilhos híbridos	66
VI.5 – Tipologias de janelas e portas	66
VI.5.1 – Janela fixa.....	67
VI.5.2 – Janela de batente	67
VI.5.3 – Janela de correr	68
VI. 5.4 – Janela de guilhotina.....	68
VI.5.5 – Janelas pivotantes vertical e horizontal.....	69
VI.5.6 – Janelas basculantes e projetantes	69
VI.5.7 – Janela oscilo-batente	69
VI.5.8 – Janela pivotante múltipla.....	70
VI.5.9 – Janelas compostas e especiais	70
VI.6 – Dispositivos de ocultação e sombreamento de vãos envidraçados	71
VI.6.1 – Dispositivos de ocultação e sombreamento no exterior.....	73
VI.6.2 – Persianas.....	73
VI.6.3 – Palas horizontais e verticais	73
VI.6.3 – Lamelas de sombreamento.....	74
VI.6.4 – Estores de rolo e cortinas interiores	74
Capítulo VII – Caso de estudo	75
VII.1– Programas informáticos utilizados no estudo térmico do edifício.....	75

VII.2 – Descrição do caso de estudo	76
VII.2.1 – Dados Climáticos da envolvente ao edifício.....	76
VII.2.2 – Caraterização geométricas e envolventes térmicas.....	77
VII.2.3 – Caraterização térmica das soluções construtivas	80
VII.2.4 – Vãos envidraçados em estudo, dimensões e orientação	81
VII.2.5 – Vidros utilizados no estudo, caraterísticas técnicas e preço	82
VII.2.6 – Tipos de caixilhos utilizados e suas caraterísticas técnicas	83
VII.2.7 – Apresentação e análise de resultados	85
VII.2.8 – Discussão de resultados para ganhos e perdas associadas aos vãos envidraçados	87
VII.2.8.1 – Discussão de resultados para as Nic	89
VII.2.8.2 – Discussão de resultados para as Nvc	90
VII.3 – Análise económica.....	92
VII.3.1 – Metodologia de cálculo.....	92
VII.3.2 – Avaliação do custo de exploração	92
VII.3.3 – Cálculo do período de retorno do investimento.....	94
Capítulo VIII – Conclusões	98
Propostas de desenvolvimentos futuros.....	102
Bibliografia.....	103
Anexos.....	1
Anexo I – Alçados, cortes e plantas do edifício em estudo.....	1
Anexo II – Folhas de cálculo com o cumprimento das exigências do RCCTE gerado através do programa Cypeterm (Cx2V2)	5
Anexo III – Caracterização das soluções construtivas do edifício	25
Anexo IV – Caraterísticas Técnicas das caixilharias e orçamentos.....	37
Anexo V – Tabelas com vidros	50
Anexo VI – Ficha Técnica de uma janela em PVC	52
Anexo VII – Soleiras, persianas e janelas com medidas standardizadas	53
Anexo VIII – Relatório Solterm (E_{solar}).....	55

Índice Figuras

Figura 1: Evolução da população mundial desde o ano 1804 até ao ano 2011	6
Figura 2: Previsão demográfica da população mundial no período de 1950 a 2100.....	7
Figura 3: Evolução do consumo de energia primária 1971-2010 (Mtep).....	8
Figura 4: Evolução do consumo mundial de energia primária,1970-2009 (Mtep)	9
Figura 5: Energia primária de Portugal em 2010	10
Figura 6: Dependência de energia primária na UE-27 no ano de 2011.....	11
Figura 7: Repartição do consumo de energia final por sector em 2009	12
Figura 8: Evolução do consumo no sector doméstico (tep) e peso (%) no consumo final total de energia, (1989-2009).	13
Figura 9: Variação da temperatura média anual do planeta no período 1850-2010.....	16
Figura 10: Impactes ambientais no ciclo das atividades da construção	21
Figura 11: Ações da Agenda 21 para Construção Sustentável.....	22
Figura 12: Classes energéticas do SCE de acordo com o consumo de referência.....	25
Figura 13: Representação gráfica do balanço energético nulo ou quase nulo de um edifício (NZEB)	30
Figura 14: Edifício Solar XXI do LNEG, fachada orientada a sul.....	31
Figura 15: Ganhos solares no inverno ou época fria	34
Figura 16: Restrição dos ganhos solares no verão ou época quente.....	34
Figura 17: Símbolo de marcação CE.....	36
Figura 18: Limites superiores das classes de permeabilidade ao ar das caixilharias	39
Figura 19: Resultado de Ensaio ITT de janela em PVC.....	40
Figura 20: Etiqueta de registo incorporada na janela	43
Figura 21: Organização por setor do SEEP	43
Figura 22: Janela francesa em madeira com medidas standardizadas	45
Figura 23: Base de apoio da janela, a); união dos perfis, b); etiqueta que acompanha a janela, c).....	45
Figura 24: Trocas de calor numa janela (condução, convecção e radiação)	48
Figura 25: Condutividade de vários materiais.....	49
Figura 26: Elementos que constituem um vão, a); elementos e componentes de uma caixilharia, b)	53
Figura 27: Comportamento térmico do vidro à transferência de calor por radiação.....	55
Figura 28: Corte de um vidro duplo	58

Figura 29: Janela de alumínio com corte térmico.....	64
Figura 30: Corte de janela de madeira e símbolos da certificação florestal FSC e PEFC	65
Figura 31: Corte de uma caixilharia de PVC.....	65
Figura 32: Janela de alumínio e PVC a), alumínio e madeira b) alumínio PVC e madeira c).....	66
Figura 33: Janela fixa	67
Figura 34: Janela de batente (representação simbólica, janela e forma de ventilação) ...	68
Figura 35: Janela de correr (representação simbólica, janela e forma de ventilação)	68
Figura 36: Janela de guilhotina (representação simbólica, janela e forma de ventilação).....	68
Figura 37: Janela pivotantes (representação simbólica, janela e forma de ventilação) ...	69
Figura 38: Janela basculante a) e projetante b) (representação simbólica, janela e forma de ventilação)	69
Figura 39: Janela oscilo-batente (forma de abertura da janela e de ventilação).....	70
Figura 40: Janelas pivotantes (representação simbólica, janela e forma de ventilação) .	70
Figura 41: Janelas especiais.....	70
Figura 42: Estore na parte exterior a) e interior b), incidência de radiação	72
Figura 43: Exemplos de sistemas de proteção solar exterior de vãos envidraçados	72
Figura 44: Persiana de PVC, a); alumínio térmico b).....	73
Figura 45: Palas horizontais, a); pala vertical e horizontal, b)	73
Figura 46: Lamelas de sombreamento fixas, a); reguláveis, b) e Brisa solar, c).....	74
Figura 47: Estores de rolo.....	74
Figura 48: Vista tridimensional da moradia; fachada sul a); fachada norte b).....	76
Figura 49: Legendas das envolventes térmicas	78
Figura 50: Cortes transversais com o traçado das envolventes térmicas a) a passar pela garagem; b) a passar pelo desvão sanitário	78
Figura 51: Cortes longitudinais com o traçado das envolventes térmicas.....	78
Figura 52: Traçado das envolventes térmicas em planta; a) Planta do R/C; b) Planta do 1º piso.....	79
Figura 53: Traçado da envolvente térmica em planta ao nível da cobertura.....	79
Figura 54: Planta da cave (garagem)	79
Figura 55: Vãos envidraçados orientados a sul, a); a norte, b).....	81

Figura 56: Gráfico com valores de Nic das várias soluções de envidraçados	89
Figura 57: Gráfico com valores de Nvc das várias soluções de envidraçados	90
Figura a1 (anexos): Alçado Principal (Sul)	1
Figura a2 (anexos): Alçado (norte).....	1
Figura a3 (anexos): Planta Rés-do-chão	2
Figura a4 (anexos): Planta Piso	2
Figura a5 (anexos): Planta Cave (Garagem).....	3
Figura a6 (anexos): Planta Rés-do-chão (Implantação)	3
Figura a7 (anexos): Corte longitudinais A-A'	3
Figura a8 (anexos): Corte B-B'	4
Figura a9 (anexos): Corte C-C'	4
Figura a10 (anexos): Planta da cobertura	4

Índices Quadros

Quadro 1: Tipologia de envidraçados por orientação de fachadas nos alojamentos em Portugal	14
Quadro 2: Coeficiente de transmissão térmica de janela metálicas (alumínio ou ferro) sem e com corte térmico com vidro simples e duplo	15
Quadro 3: Características essenciais, normas de classificação e ensaio de janelas, portas e janelas de cobertura	37
Quadro 4: Classes de exposição ao vento das fachadas do edifício ou da fração autónoma	39
Quadro 5: Redução do consumo de energia associado às janelas	41
Quadro 6: Descrição da etiqueta energética de janelas SEEP	42
Quadro 7: Quadro com medidas de janelas standardizadas e respetivo preço	44
Quadro 8: Tabela com 4 tipos de vidro com desempenho luminoso e energético diferentes	56
Quadro 9: Propriedades físicas dos gases isolantes aplicados entre vidros	60
Quadro 10: Algumas propriedades de materiais utilizados no fabrico dos caixilhos	62
Quadro 11: Número convencional de ocupantes em função da tipologia da fração autónoma	75
Quadro 12: Vãos envidraçados, dimensões, divisão e orientação	81
Quadro 13: Tipos de vidros, características e preço por (m ²)	82
Quadro 14: Características técnicas dos caixilhos	83
Quadro 15: Combinações de caixilho e vidro para realização do estudo e respetivo preço	83
Quadro 16: Indicadores energéticos referentes a cada tipo de janela, perdas e ganhos ..	86
Quadro 17: Indicadores energéticos e classe atribuída no estudo de térmica do edifício	87
Quadro 18: Período de retorno do investimento	95

Lista de Símbolos e Abreviaturas

ADENE – Agência para a Energia

ANFAJE – Associação Nacional dos Fabricantes de Janelas Eficientes

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

CO₂ – Dióxido de carbono

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

DL – Decreto-Lei

EDP – Energias de Portugal

EPBD – Energy Performance of Buildings Directive

GEE – Gases de efeito estufa

ICESD – Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico

IEA – International Energy Agency

INE – Instituto Nacional de Estatística

INETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas

ITE – Informação Técnica de Edifícios

ITT – Ensaio tipo inicial

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

R – Resistência térmica [(m².°C)/W]

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética e da qualidade do ar interior nos edifícios.

sd – Sem data

tep – tonelada equivalente de petróleo

U – Coeficiente de Transmissão térmica [W/(m².°C)]

UE – União Europeia

UE-27 – União Europeia 27 estados membros

UNFPA – Fundo de População das Nações Unidas

Capítulo I—Enquadramento, objetivos e organização da dissertação

I.1 – O enquadramento do tema

A humanidade terá de se defrontar nos próximos anos com vários desafios a nível global, que passa, pelas pressões sobre o ambiente, as ameaças das alterações climáticas e o aumento das necessidades de recursos naturais e energéticos necessários para satisfazer a população mundial que tem vindo a crescer desde do último século. Das principais ameaças ao desenvolvimento sustentável, são as alterações climáticas que estão comprovadas segundo um amplo consenso científico. Essas alterações, devem-se em grande parte, às crescentes necessidades de produção de energia através da queima de combustíveis fósseis para a produção de eletricidade e de calor. Para além da produção de energia durante o processo de transformação, são emitidos para a atmosfera gases de efeito de estufa (GEE) com maior incidência de dióxido de carbono CO₂, que provoca o aquecimento gradual do planeta.

Os impactos decorrentes das alterações climáticas vêm assim evidenciar um conjunto de implicações no planeta, nomeadamente a perda de biodiversidade, degradação dos ecossistemas, o aumento do risco de escassez alimentar, o movimento de populações bem como a afetação da saúde humana ligadas ao aumento da frequência de fenómenos meteorológicos externos e de doenças dependentes das condições climáticas, (União Europeia, 2011).

Para além dos efeitos que provoca no ambiente, a energia tem uma importância indispensável no bom funcionamento da sociedade, sendo um dos meios que promove o crescimento económico dos países, satisfazendo os atuais padrões de vida da sociedade, para além de ser um fator importante de sustentabilidade.

Para satisfazer as crescentes necessidades energéticas existe uma parte considerável de países, que compreendem a União Europeia, que apresentam uma dependência energética externa elevada de produtos energéticos (carvão, gás natural produtos petrolíferos). Esse facto origina repercussões negativas nas balanças comerciais correntes dos países, como é o caso específico de Portugal.

O setor da construção de edifícios, tem um forte impacto tanto no ambiente como no consumo de energia em todas as suas fases integrantes, nomeadamente no projeto, construção, operação, reabilitação/ manutenção e demolição. No entanto, é na fase de operação que os edifícios têm um maior impacto a considerar no que respeita ao consumo de energia, sendo esse consumo acompanhado pelo aumento das exigências de conforto interior dos edifícios ao longo dos anos, especificamente para aquecimento, arrefecimento, iluminação, ventilação, aquecimento de água sanitária e funcionamento de equipamento vários, levando assim a aumentos crescentes das necessidades de energia no sector, com repercussões negativas no ambiente.

Para se compreender a dimensão do problema, evidencia-se que o sector de edifícios na Europa é responsável aproximadamente por 40% do consumo da energia (DGEG, 2012). Já em Portugal é responsável por cerca de 30% do consumo total de energia primária do país e 62% no que respeita aos consumos de eletricidade (Isolani, et al, 2008). A fraca eficiência dos edifícios é uma das principais causas que contribui para o consumo excessivo de energia. Para fazer face a esse problema têm sido criadas normas europeias no âmbito da térmica de edifícios, com o objetivo de reduzir e impor limites de consumo de energia no sector dos edifícios.

Os vãos envidraçados representam um papel muito importante no desempenho energético dos edifícios, para além de serem determinantes no conforto interior para os seus ocupantes. Efetivamente, estima-se que até 25% das necessidades de aquecimento sejam devidas a perdas de calor com origem nas janelas (EDP, 2013a). Para além disso, também são um elemento que permite infiltrações de ar não controláveis, que para além de provocar desconforto nos ocupantes leva a gastos de energia para aquecimento. Os factos anteriormente apresentados estão intimamente ligados à eficiência das janelas, no qual suas características técnicas e os materiais que as constituem, tipos de caixilho e de vidro, são fatores determinantes no nível de desempenho energético da janela.

Como resposta ao exposto anteriormente, verifica-se que o sector da indústria de caixilharia tem sido sujeito a uma grande evolução tecnológica orientada para eficiência energética, tendo sido implementado recentemente em Portugal o Sistema de Etiquetagem Energética de Janelas, sistema esse, que permite saber por parte do cliente o desempenho da janela e sua eficiência, aquando da sua compra.

Para responder aos factos anteriormente referidos, foi nessa linha de preocupação que surgiu a diretiva do desempenho energético dos edifícios, Diretiva (2002/91/CE, de 16 de dezembro) que ao ser transposta para Portugal, deu origem ao RCCTE, Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de abril e ao RCESE, Decreto-Lei nº79/2006 de 4 de abril.

Assim sendo, a importância da envolvente dos edifícios, no qual se inclui os vãos envidraçados, no respetivo desempenho energético é muito importante, na medida que a sua otimização como seja, a dimensão do vão, o tipo de janela e sua eficiência, os materiais que a constitui, permite tornar os edifícios mais eficientes e sustentáveis. Como fator também importante é a sua contribuição para um melhor conforto interior, para além disso permite a redução do consumo de energia nos edifícios, minorando assim os impactes no ambiente, bem como o valor a pagar pela energia.

I.2 – Os Objetivos

A presente dissertação, tem como principal objetivo avaliar e comparar algumas soluções de janelas com diferentes tipos de vidros e caixilho, em edifícios de habitação, segundo a regulamentação térmica de edifícios.

Para atingir este objetivo foi necessário realizar um estudo das exigências técnicas e regulamentares que atualmente as janelas estão sujeitas, sendo analisado o seu impacto tanto numa perspetiva energética, como também a nível económico. Para tal recorreu-se à classificação energética de um edifício de habitação à luz da legislação vigente (RCCTE).

O estudo incidiu numa moradia, localizada no concelho da Maia que ainda se encontra na fase de projeto. Foi importante proceder-se de uma forma expedita e à luz da regulamentação de térmica de edifícios, à identificação através da otimização dos vários tipos de janelas, perceber quais são as melhores soluções de janelas que maximizem a eficiência do edifício, de acordo com a dimensão dos vãos e segundo a sua orientação.

Para efetuar o estudo térmico do edifício e obtenção dos resultados, referentes à otimização dos vãos envidraçados, recorreu-se à utilização do programa informático Cypeterm, de forma a validar as várias soluções propostas, de acordo com o cálculo

analítico do RCCTE (Decreto-Lei nº 80/2006). Pretendeu-se, ainda com este trabalho fazer uma avaliação económica associada aos custos de cada tipo de caixilharia em estudo, onde se poderá analisar em termos financeiros o período de retorno de investimento de cada solução de janela. Através de uma ligação do programa Cypeterm ao Gerador de Preços foi possível obter orçamentos das caixilharias (caixilho e vidro) segundo os preços de mercado atuais, tornando assim este trabalho mais rigoroso.

No final, espera-se encontrar a solução ótima de caixilharia para o edifício em estudo, numa perspetiva que melhore o desempenho energético, contribuindo-se assim, para a sustentabilidade do sector da indústria da construção, numa visão económica e ambiental ao longo do ciclo de vida do edifício.

I.3 – A organização da Dissertação e metodologia adotada

O presente trabalho encontra-se estruturado em oito capítulos que se apresenta.

No Capítulo I, é apresentado o enquadramento do tema do trabalho, os objetivos que se pretende alcançar com a sua realização, a metodologia adotada e a organização do mesmo.

No Capítulo II, apresenta-se uma abordagem da população mundial de forma a perceber a sua implicação no consumo de energia e conseqüentemente no ambiente, é dado especial atenção ao consumo de energia no sector de edifícios e ao tema das alterações climáticas, sendo também apresentados os conceitos importantes a reter, como a construção e o desenvolvimento sustentável.

No Capítulo III, faz-se uma abordagem da Diretiva Europeia sobre o Desempenho Energético dos Edifícios, e ainda da regulamentação energética em Portugal nomeadamente o RCCTE. Seguidamente, apresentam-se os aspetos gerais da nova EPBD que visa o conceito do edifício de balanço nulo de energia, com efeito, aborda-se ainda neste capítulo, o tema pertinente dos benefícios bioclimáticos em edifícios, no âmbito dos vãos envidraçados.

No Capítulo IV, resume-se a principal legislação no âmbito da caixilharia, seguidamente apresenta-se o tema do desempenho energético de janelas SEEP e o modelo de cálculo. Neste capítulo são ainda apresentadas as vantagens das janelas com medidas estandardizadas, sendo apresentando o caso francês, onde são explicados os benefícios deste sistema, tanto para setor da indústria da caixilharia, como também para a indústria da construção civil.

No Capítulo V, mostra-se os vários conceitos sobre mecanismos de transferência de energia no âmbito de janelas, que visa sobretudo conhecer os fenómenos que influenciam o desempenho energético das janelas e conseqüentemente dos edifícios.

No Capítulo VI, é apresentado a tecnologia aplicada nos vãos envidraçados, nomeadamente os tipos de vidros, caixilharia e as várias tipologias de janelas, seguindo-se uma breve referência aos dispositivos de ocultação e sombreamento de vãos envidraçados.

No capítulo VII, precede-se à realização do caso de estudo que compreende este trabalho, tanto no estudo térmico como a nível económico. Na parte inicial faz-se a apresentação do caso de estudo e dos tipos de janelas (vidro e caixilho) utilizados na otimização, sendo esta parte complementada com uma descrição e ainda com o valor do orçamento de cada solução de janela. Seguidamente apresentam-se os resultados energéticos onde se fará uma análise. Nesta parte é ainda apresentada a metodologia de cálculo tanto da análise económica, como também, do período de retorno do investimento, que será utilizado na verificação da viabilidade económica das soluções dos envidraçados em estudo. Por fim, são apresentados os resultados que deram origem às conclusões do trabalho.

Por último, no Capítulo VIII, são apresentadas as “conclusões”, onde são discutidos os resultados obtidos durante a realização deste trabalho, finalizando-se com a indicação de possíveis desenvolvimentos futuros do mesmo.

Capítulo II – População mundial, implicações no consumo de energia e no ambiente

II.1 – Evolução do crescimento da população mundial

A população mundial tem vindo a crescer desde o último século, no qual se colocam desafios a nível global. Com efeito, a sua atividade tem influência sobre o ambiente, nomeadamente desde o impacto das alterações climáticas, ao aumento das necessidades de recursos naturais e energéticos, que visam satisfazer as suas necessidades.

Assim, e através da visualização da Figura 1, que mostra a evolução do crescimento da população mundial em biliões, desde o ano de 1800 a 2011, constata-se que no ano de 1804 existia cerca de 1 bilião de pessoas no nosso planeta. Na verdade, ao longo de 155 anos esse crescimento foi relativamente lento atingindo os 3 biliões de pessoas em 1959. Após esse ano, o crescimento começou a acelerar, no qual aumentou para o seu dobro passados 35 anos em 1999, tendo atingido 7 biliões de pessoas em outubro de 2011 (UNFPA, 2011).

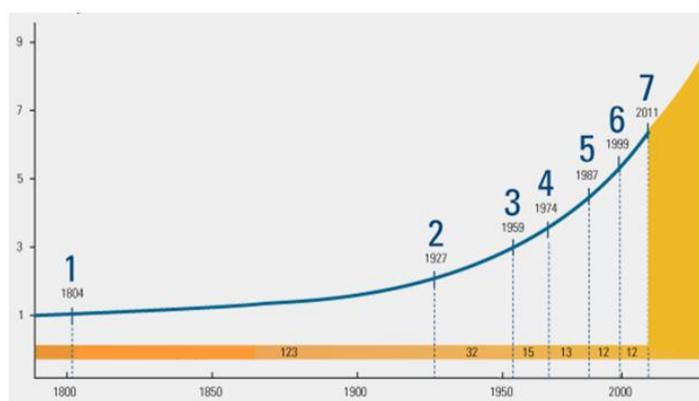
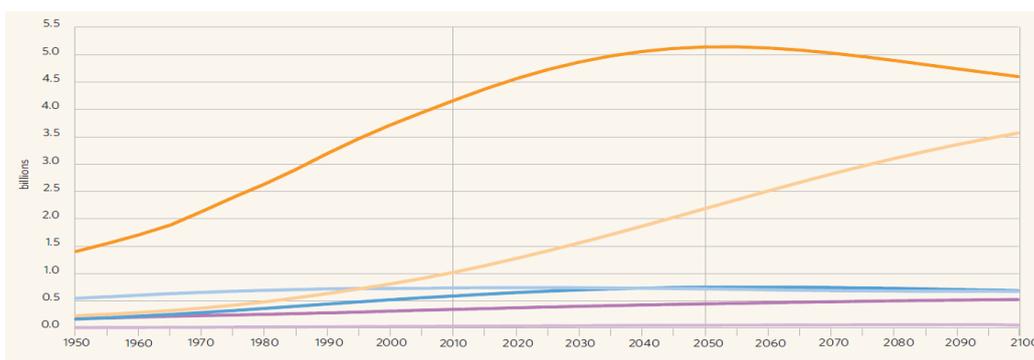


Figura 1: Evolução da população mundial desde o ano 1804 até ao ano 2011

Fonte: [adaptado de Fundo de População das Nações Unidas, 2011]

Na Figura 2, pode-se observar a distribuição e as projeções futuras do crescimento da população mundial nos vários continentes até o ano de 2100 (UNFPA, 2011), constatando-se que o continente asiático, continuará a ser o mais populoso do mundo durante o século XXI, segundo previsões atingirá o seu pico máximo de 5 biliões de pessoas em 2050, seguindo-se a África. No entanto, os restantes continentes, Europeu,

Oceânia e América terão um ligeiro crescimento mas pouco pronunciado até ao ano de 2100, podendo em alguns casos assistir-se a um decréscimo populacional. De acordo com informação das Nações Unidas (UNFPA, 2011), em 2011, 60 % da população mundial vive na Ásia e 15% em África. Todavia a população da África tem vindo a crescer 2,3 por cento ao ano, tendo atingido o 1 bilião de pessoas em 2009, esperando-se que duplique essa população em apenas 35 anos. Esse facto, deve-se à existência de uma elevada fertilidade por mulher tendo-se verificado uma fecundidade de 4,6 filhos entre o ano de 2005 a 2010 (UNFPA, 2011).



— Ásia — África — América Latina e Caraíbas — Europa — América do Norte — Oceânia

Figura 2: Previsão demográfica da população mundial no período de 1950 a 2100

Fonte: [adaptado do Fundo de População das Nações Unidas The State of World Population, 2011]

Assim sendo, o crescimento populacional implica, mais alimentos, mais água, mais cidades, mais transportes, mais comunicações e mais energia (EDP, 2012). Também a Instituição de Engenheiros Mecânicos da Inglaterra (Alley et al., 2011), mediante estudos e previsões, mostra que a população humana está a passar por um crescimento demográfico sem precedentes, no qual, estima-se que o crescimento no final deste século implicará a existência de cerca de 9,5 biliões de pessoas, onde 75% delas estarão a habitar os centros urbanos à procura de melhores condições de vida, o que irá proporcionar um desafio significativo para os governantes e sociedade em geral.

Refere ainda, que existem áreas em grande expansão que criarão uma maior pressão sobre os recursos existentes e sobre o ambiente, nomeadamente através da urbanização devido à expansão das cidades, como também na energia, onde o sector apresenta uma crescente pressão de forma a reduzir o efeito estufa e as emissões de gases, e ainda na adaptação do sector para garantir a segurança do abastecimento futuro das populações (Alley et al., 2011).

II.2 – A energia

A energia tem uma importância indispensável no nosso modo de vida, tem influência no crescimento da economia dos países, sendo ainda um elemento vital em termos de sustentabilidade, no entanto, tem um forte impacto ambiental, porque atualmente a procura de energia primária assenta fundamentalmente nas fontes de energia não renováveis, ligado ao consumo de combustíveis fósseis com uma disponibilidade finita, como seja, o petróleo, carvão e gás (INE, 2011).

Na verdade, a produção de energia através dos combustíveis fósseis anteriormente referidos no processo de transformação em energia elétrica ou em calor, leva a emissões consideráveis de gases com efeito de estufa para a atmosfera, em particular de dióxido de carbono (CO₂), que estão diretamente relacionadas com as alterações climáticas (INE, 2011). Para além da produção de energia através de combustíveis fósseis, a produção de energia também tem pequenas contribuições de energia nuclear hidrolétrica, biomassa, eólica e outras energias renováveis. Todavia, durante o ciclo da energia que passa, pela transformação, distribuição e consumo, parte da energia é desperdiçada e a que chega ao consumidor, nem sempre é aproveitada (EDP, 2009).

II.2.1 – O consumo de energia a nível mundial

Na Figura 3, pode-se observar a evolução do consumo de energia primária a nível mundial, onde se constata um aumento crescente do consumo em todas as fontes de energia no período de 1971 até 2010 (IEA, 2012). Este facto está intimamente ligado ao crescimento da população mundial que acompanha o desenvolvimento económico dos países anteriormente referidos.

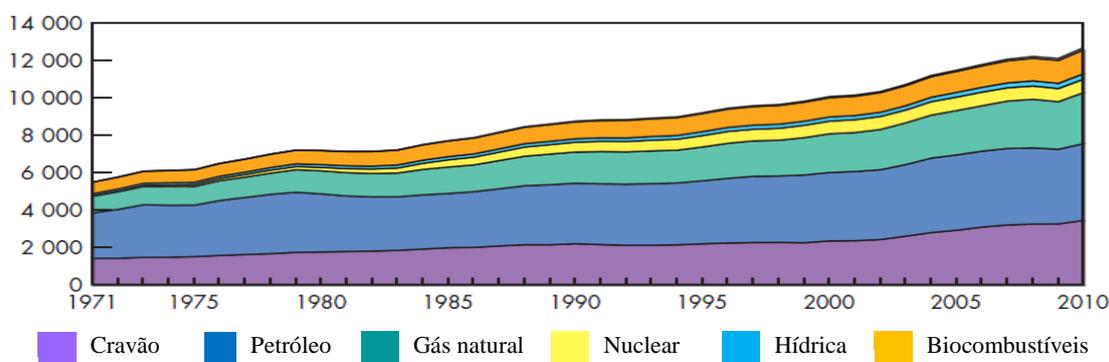


Figura 3: Evolução do consumo de energia primária 1971-2010 (Mtep)

Fonte: [adaptado de IEA, Key World Energy Statistics (2012)]

De acordo com Morais (2011), um dos principais fatores justificativos para crescimento dos consumos de energia a nível mundial será a demografia e o desenvolvimento económico, que nem sempre tem sido equitativo, referindo que “o *bilião de pessoas mais ricas é responsável por 50% do consumo de energia, no entanto o bilião de mais pobres, consome menos de 4% de energia*”. O mesmo autor (Morais, 2011) mostra que o consumo mundial de energia primária entre o ano de 1970 e 2009 teve um crescimento de cerca 2% ao ano, como se pode observar pela Figura 4.

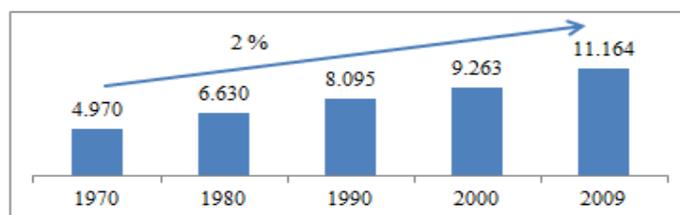


Figura 4: Evolução do consumo mundial de energia primária, 1970-2009 (Mtep)

Fonte: [adaptado de Morais, Conferência do Atlântico (2011)]

Também a Exxon Mobil (2012) estima que, por inerência do crescimento populacional e económico, atendendo ainda à melhoria nos padrões de vida das pessoas, vai haver uma necessidade de aumento de energia em cerca de 30% entre 2010 e 2040.

Como resultado das previsões apresentadas referentes ao consumo de energia mundial, prevê-se pressões tanto para as reservas como para os preços, tornando-se assim a energia mais escassa e mais cara (Morais, 2011). De acordo com dados avançados pela Agência Internacional de Energia (IEA 2011, p.4) “(...) a *dinâmica dos mercados da energia é cada vez mais determinada por países fora da OCDE, que são responsáveis por 90% do crescimento da população, 70% do aumento da produção económica e 90% do incremento da procura de energia, entre 2010 e 2035 (...)*”.

Atendendo ao exposto anteriormente no que concerne ao aumento mundial do consumo de energia nos próximos anos, a Comissão Europeia (2011) para fazer face a esse cenário e como medida preventiva criou em 2011 um documento intitulado “Roteiro para Energia 2050”, onde define as perspetivas e desafios na produção e utilização de energia para o ano de 2050, onde também analisa os desafios e objetivo de descarbonização da UE de forma a garantir, ao mesmo tempo, a segurança do aprovisionamento energético e competitividade.

Assim sendo, a Comissão Europeia (2011, p.4) prevê que “(...) o sector da energia é responsável pela maior parte das emissões antropogénicas de gases com efeito de estufa. Por conseguinte, reduzir as emissões de gases com efeito de estufa em mais de 80 % até 2050 exercerá pressões significativas sobre os sistemas energéticos (...)”.

Por tudo isso, a Comissão Europeia (2011) apresenta um dos cenários para descarbonização que passa pela “Alta eficiência energética”, criando compromisso para realizar uma poupança de energia muito elevada onde inclui requisitos mínimos mais exigentes, tanto para os equipamentos como para os edifícios novos a ser construídos. O cenário apresentado anteriormente, na perspetiva da Comissão Europeia (2011), tem objetivo de permitir uma diminuição da procura energética em 41 % até 2050, em comparação com os picos registados em 2005-2006.

No mesmo documento, apresenta o cenário relativo aos custos com produtos relacionados com a energia nas despesas das famílias e empresas de acordo com a tendência atual, que se passa a apresentar (Comissão Europeia, 2011, p.7):

Em todos os cenários, incluindo o das tendências atuais, é provável que os gastos de energia e de produtos relacionados com a energia (incluindo os transportes) se convertam num elemento mais importante dos encargos das famílias, crescendo até mais de 16 % em 2030 e diminuindo, depois, até algo mais de 15 % em 2050.

II.2.2 – Consumo de energia em Portugal

De acordo, com dados avançados pela ADENE (2012, p.13) no Guia da Eficiência Energética no ano de 2010 em Portugal, e quanto ao consumo de energia primária, o petróleo é a sua principal fonte de energia primária (49%), seguindo-se as energias renováveis (23%) o gás natural (20%) e por fim os combustíveis sólidos (7%), conforme se pode observar na Figura 5.

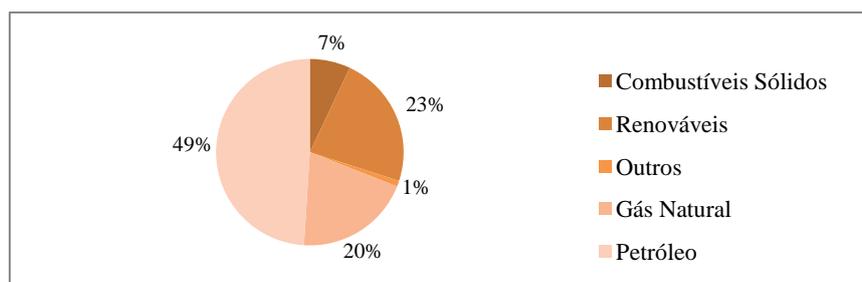


Figura 5: Energia primária de Portugal em 2010

Fonte: [adaptado de ADENE, Guia da Eficiência Energética, (2012, p.13)]

No caso de Portugal, como também na generalidade dos países europeus, existe ainda uma questão originada pelo desequilíbrio externo estrutural do país, em termos de acesso a fontes de energia, criando-se assim efeitos significativos na Balança Corrente de Portugal na última década, onde a dependência energética tem-se agravado ainda mais com o aumento do preço do petróleo, que atingiu máximos históricos em junho de 2008 (Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, 2011).

Segundo a ATKearney e o INESC Porto (2012), a dependência energética externa muito elevada de Portugal, deve-se ao facto de ser um país com escassos recursos energéticos de origem fóssil, em particular aqueles que tradicionalmente asseguram a generalidade das necessidades energéticas da maioria dos países desenvolvidos nomeadamente o petróleo, o carvão e o gás.

Os dados apresentados pelo Eurostat (2012) referentes ao ano de 2010 (ver Figura 6), demonstram que Portugal é o nono país da UE-27 com maior dependência energética externa, superior a 75%, verificando-se um aumento de 22,7% acima da média da UE-27 (Eurostat, 2012).

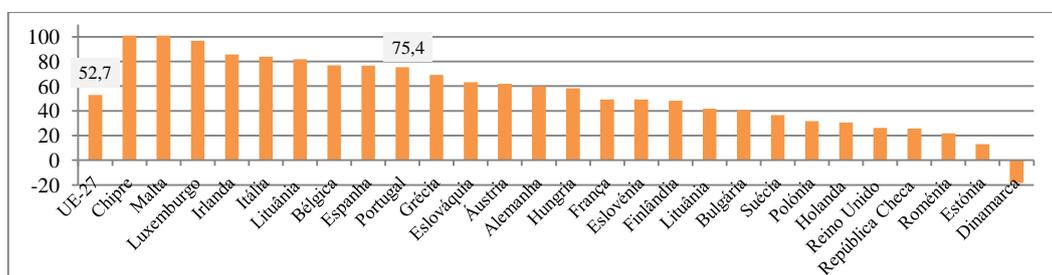


Figura 6: Dependência de energia primária na UE-27 no ano de 2011

Fonte: [adaptado de Eurostat, 2012)]

Na verdade, esta situação de dependência energética externa de Portugal conduz a uma maior vulnerabilidade do sistema energético, como seja nas flutuações dos preços internacionais, nomeadamente do preço do petróleo e gás (DGEG, 2007, p.6). Esse facto tem levado a um esforço financeiro crescente ao longo dos últimos anos tanto por parte das famílias como também das empresas, repare-se que a manter-se este quadro pode comprometer-se a sustentabilidade do país.

Para inverter essa situação de dependência energética, segundo o estudo da (A.T. Kearney e o INESC Porto, 2012, p.7) é importante aumentar a eficiência energética

conseguindo-se assim diminuir o consumo de energia, por outro lado, deve-se aumentar a contribuição das energias renováveis endógenas: hídrica, eólica, solar, geotérmica, biomassa (sólida, líquida e gasosa), para que globalmente se reduza a dependência energética de Portugal, de modo, a contribuir para a redução das emissões de GEE.

II.2.3 – Consumo de energia final em Portugal

Na Figura 7, está apresentada a distribuição do consumo de energia final em 2009, em Portugal por sector de atividade económica, podendo-se verificar que o sector doméstico é o terceiro maior consumidor de energia com (17,7%) depois dos sectores dos transportes (37,5%) e da indústria (30,5%). Em termos de consumo de energia per capita no sector doméstico este foi de 0.30 tep/habitante (INE/DGEG, 2011, p.14).

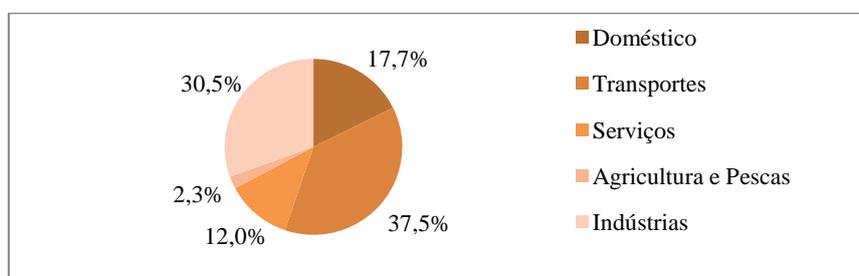


Figura 7: Repartição do consumo de energia final por sector em 2009

Fonte: [adaptado de INE/DGEG (2011, p.14)]

II.2.3 – Consumo de energia no sector Edifícios

No ano de 2005 em Portugal, os edifícios foram responsáveis pelo consumo de 5,8 Mtep (milhões de toneladas equivalente de petróleo), representando cerca 30% do consumo total de energia primária do país e 62% dos consumos de eletricidade (Isolani et al., 2008).

No entanto, o sector residencial é representado por cerca de 3,3 milhões de edifícios que contribuiu com 17% dos consumos de energia primária a nível nacional, que na verdade, representa cerca de 29% dos consumos de eletricidade (Isolani, et al., 2008).

Segundo, dados avançados no Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico (ICESD) realizado entre o ano de 2009 a 2010, (INE/DGEG, 2011) o consumo de energia final no sector doméstico em Portugal, representava em 2009, 17,7% (em tep)

do total do consumo final de energia (ver Figura 8), que de acordo com o ICESD apresenta uma taxa média de crescimento anual de 1,5% entre os anos de 1989 e 2009. Através da análise da Figura 8, é possível verificar-se um aumento crescente do consumo de energia até ao ano de 2005. Após esse ano e até 2009 assistiu-se a uma diminuição, que se deveu à mudança de comportamento dos consumidores por inerência da crise económica mundial que teve início no ano de 2007 nos Estados Unidos, repercutindo-se para o resto do mundo.

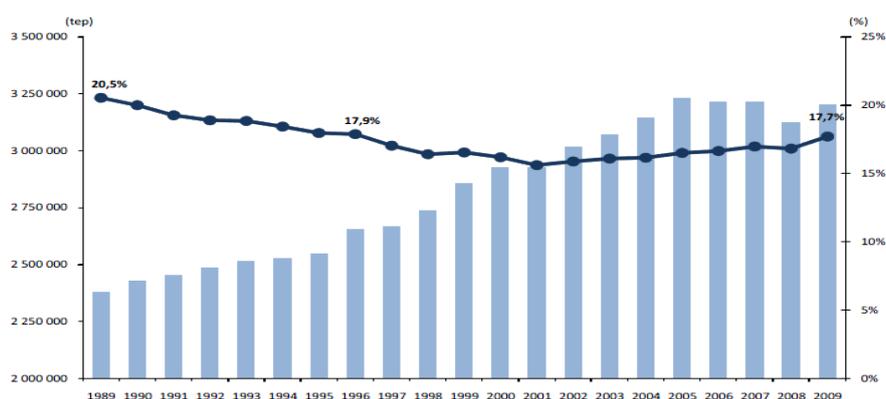


Figura 8: Evolução do consumo no sector doméstico (tep) e peso (%) no consumo final total de energia, (1989-2009).

Fonte: [INE/DGEG (2011, p. 14)]

Na utilização final de energia, os consumos nos edifícios residenciais distribuem-se aproximadamente da seguinte forma: cozinhas e águas quentes sanitárias 50%, aquecimento e arrefecimento 25%, iluminação, equipamentos e eletrodomésticos 25%. Dos valores apresentados pode-se inferir algumas conclusões de forma a melhorar a eficiência térmica e energética dos edifícios (Isolani et al., 2008, p.5).

Do ponto de vista energético, a qualidade térmica dos edifícios tem influência nesses consumos de energia, que dependem das características dos elementos que fazem a fronteira entre a casa e o ambiente exterior, ou seja, da sua envolvente opaca (fachadas pavimentos, telhados). Todavia, os vãos envidraçados também desempenham igualmente um papel muito importante no domínio da eficiência térmica dos edifícios, se por um lado podem contribuir para a entrada de calor sem custos. Por outro lado, podem provocar saídas de calor, para além disso, são um elemento onde por vezes existem infiltrações de ar não controladas levando gastos de energia elevados, esta situação tem repercussões no conforto interior das habitações para os seus ocupantes

(EDP, 2013). Perante o referido anteriormente, estima-se que entre 25 a 30% das necessidades de aquecimento, são devidas a perdas de calor com origem nos envidraçados (Isolani et al., 2008, p.13). Através de informações sobre o Inquérito¹ ao Consumo de Energia no Sector Doméstico em 2010 (INE/DGEG, 2011), é possível obter informação atualizada relativamente ao isolamento tipo de envidraçado e à orientação dos edifícios. O conhecimento deste tipo de informação torna-se de extrema importância nas tomadas de decisão, no âmbito da eficiência energética na construção de edifícios. Como já foi referido o isolamento térmico dos alojamentos é um dos fatores que mais contribui para a eficiência energética dos mesmos, podendo-se evitar perdas energia.

Através da análise dos dados recentes do Quadro 1, constata-se que a nível Nacional a utilização de melhores soluções de isolamento térmico nas janelas ainda é reduzida. Efetivamente verifica-se, que os alojamentos nas suas diferentes fachadas (viradas a sul, nascente e ocidente) apresentam vãos envidraçados com cerca de 70% de caixilharia sem corte térmico e vidro simples, e entre 18% a 22 % de caixilharia sem corte térmico e vidro duplo, apenas entre 6% e 7% apresenta caixilharia com corte térmico e vidro duplo.

Quadro 1: Tipologia de envidraçados por orientação de fachadas nos alojamentos em Portugal

Fonte: [INE/DGEG (2011, p.24)]

Tipo de envidraçados	Fachadas viradas a sul			Fachadas viradas a nascente			Fachadas viradas a poente		
	Nº de alojamentos		Área média dos vidros	Nº de alojamentos		Área média dos vidros	Nº de alojamentos		Área média dos vidros
	Nº	%	m ² /alój	Nº	%	m ² /alój	Nº	%	m ² /alój
Vidro simples	1.982.799	75,4	4,5	1.968.296	72,3	4,5	1.915.448	72,3	4,3
Vidro duplos sem corte térmico	495.894	18,9	6,3	620.719	22,8	6,5	604.934	22,8	6,0
Vidros duplos com corte térmico	184.583	7,0	7,2	164.313	6,0	5,5	160.542	6,1	5,3
Total	2.628.355	-	-	2.723.648	-	-	2.648.641	-	-

¹Nota: No Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico 2010 (ICESD) consideraram-se somente os alojamentos familiares de residência principal, excluindo-se assim os alojamentos familiares secundários ou de uso sazonal (ex. casas de férias, desabitadas, etc).

Atendendo que mais de 70% dos alojamentos apresentam caixilharias sem corte térmico e com vidro simples, no Quadro 2, é possível saber o coeficiente de transmissão térmica de uma janela metálica de vidro simples de correr, assumindo uma permeabilidade ao ar elevada do dispositivo de oclusão o noturna, que apresenta U_{wdn} de 4,8 W/(m².°C).

Todavia, a caixilharia de correr, sem corte térmico com vidro duplo, que corresponde a 18% a 22 % dos alojamentos, e assumindo que o dispositivo de oclusão noturna tem permeabilidade ao ar elevada, resulta que o seu U_{wdn} é de 3,6 W/(m².°C) (ver Quadro 2).

Quadro 2: Coeficiente de transmissão térmica de janela metálicas (alumínio ou ferro) sem e com corte térmico com vidro simples e duplo

Fonte: [adaptado de ITE 50 – Coeficiente de transmissão térmica de vãos envidraçados, 2006]

Tipo de vão envidraçado	Número de vidros	Tipo de janela	Esp. da lâmina de ar [mm]	U_w ⁽¹⁾ [W/m ² .°C]	U_{wdn} ⁽²⁾ [W/m ² .°C]		
					Dispositivo de oclusão nocturna		
					Cortina interior opaca	Outros dispositivos	
					Com permeabilidade ao ar elevada	Com permeabilidade ao ar baixa	
Simples (1 janela)	1 (vidro simples)	Fixa	--	6,0	4,9	4,5	3,8
		Giratória	--	6,2	5,0	4,6	3,9
		De correr	--	6,5	5,2	4,8	4,1
	2 (vidro duplo)	Fixa	6	3,9	3,4	3,2	2,8
			16	3,5	3,1	2,9	2,6
			16 low ε	3,1	2,8	2,6	2,3
		Giratória	6	4,3	3,7	3,4	3,0
			16	3,8	3,3	3,1	2,7
			16 low ε	3,6	3,2	3,0	2,6
		De correr	6	4,5	3,9	3,6	3,1
			16	4,0	3,5	3,3	2,9
			16 low ε	3,7	3,3	3,1	2,7

Nota – U_{wdn} , coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite do vão envidraçado (inclui a contribuição dos eventuais dispositivos de oclusão noturna (estores, portadas, persianas, cortinas opacas ou outros dispositivos similares), aplicável a locais com ocupação noturna (ITE50, 2006, p.33 e 34). Se o envidraçado não dispõe de dispositivos de oclusão noturna, $U_{\text{wdn}} = U_w$.

De acordo com o artigo publicado na revista “Edifícios e Energia” João Ferreira Gomes, presidente da ANFAJE, faz referência à situação do parque edificado “ (...) Portugal tem cerca de 3 milhões de fogos com janelas ineficientes dotadas de vidro simples” entendendo que, “ (...) ”, será necessário apostar fortemente na necessidade de substituição de janelas antigas por novas janelas eficientes, criando mais mercado de reabilitação local para todo o sector” (Edifícios e Energia, 2012).

Também Artur Mexia, diretor técnico e de projetos da Sapa, refere no mesmo artigo que “ (...) o mercado da reabilitação tem um potencial de desenvolvimento enorme no nosso país. É neste contexto que as intervenções, sobretudo ao nível da recuperação dos vãos luz, poderão ser determinantes para que os espaços ganhem habitabilidade e conforto, sem grandes investimentos (...) ” (Edifícios e Energia, 2012).

II.3 – Alterações climáticas, problemática e respostas adotadas

II.3.1 – Alterações climáticas, impactos a nível global e para Portugal

As alterações climáticas representam um dos maiores desafios que a humanidade enfrentará nos próximos anos, sendo as atividades humanas que têm contribuído para o aumento de gases de efeito de estufa (GEE), como o caso do dióxido de carbono (CO₂) um dos gases que representa a maior percentagem dessas emissões, que resulta da produção de energia, através da queima dos combustíveis fósseis usados para satisfazer as crescentes necessidades energéticas a nível global.

Esse facto tem sido confirmado de acordo com conselhos científicos, sendo considerado uma das mais sérias ameaças ambientais a nível global (PNAC, 2001, p.18), nomeadamente no aumento da temperatura do planeta entre 1.4°C a um máximo de 5,8°C, caso não se tomem medidas no sentido de controlar as emissões (GEE).

De acordo com o Eurostat (2012a), no qual apresenta a monitorização da variação da temperatura média anual do planeta com registos compreendidos entre 1850 e 2010, (ver Figura 9) onde se pode constatar a vermelho a década mais quente jamais observada entre o ano 2001 a 2010 (Eurostat, 2012a). Após essa análise, verifica-se que efetivamente a temperatura do planeta tem vindo a aumentar.

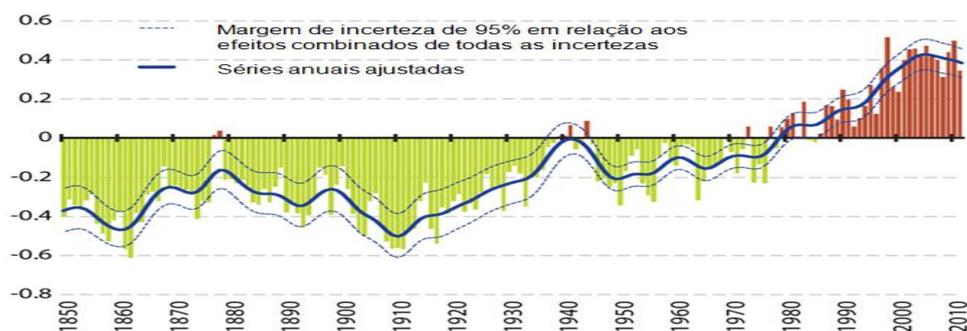


Figura 9: Variação da temperatura média anual do planeta no período 1850-2010

Fonte: [adaptado de Eurostat "Números para o futuro: 20 anos de desenvolvimento sustentável na Europa?" (2012a)]

Efetivamente, as consequências dos impactos decorrentes das alterações climáticas a nível global passa pela multiplicação de episódios de secas e inundações, a fusão dos glaciares e redução das camadas de gelo na Antártida e Gronelândia, levando a um

aumento do nível médio do mar originado inundações de áreas situadas em zonas costeiras (PNAC, 2001, p.19). Para além disso, assiste-se a uma degradação dos ecossistemas, perda de biodiversidade, o aumento o risco de escassez alimentar, movimento de populações, bem como, a incidência na saúde ligada ao aumento da frequência de fenómenos meteorológicos externos e de doenças dependentes das condições climáticas (UE, 2007).

Em relação aos efeitos das alterações climáticas em Portugal, e de acordo com a Quercus (2012) conclui-se através de registos do aumento de GEE em Portugal segundo o relatório SIAM 2004 (Climate Change in Portugal Scenarios, Impacts and Adaptation Measures) que ocorrem as seguintes situações:

- Subida da temperatura média do ar; aumento de 4 a 7°C entre 2000-2100;
- Em 2006, registou-se a temperatura média mínima mais elevada dos últimos 76 anos;
- Tendência decrescente na ocorrência de precipitação, com uma redução significativa durante a Primavera;
- Aumento tendencial de eventos meteorológicos extremos, como secas e cheias;
- A partir da década de 90, registou-se com maior frequência a ocorrência de ondas de calor.

Também o Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC, 2001, p.19) acrescenta os efeitos da subida do nível do mar como sendo um dos fatores que presentemente alguns países têm enfrentado. Esse facto têm-se notado em particular em Portugal devido à sua grande extensão de linha de costa, onde a subida do nível médio do mar afeta as costas portuguesas verificando-se em alguns locais uma erosão mais acentuada, para além de colocar em situação de perigo pessoas e bens (Freitas, sd.).

II.3.2–Instrumentos internacionais no combate às alterações climáticas

O diálogo internacional referente às alterações climáticas teve início nos anos 80 através de várias reuniões intergovernamentais na definição das estratégias de adaptação às alterações climáticas que deu origem em 1988 à criação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (PIAC), constituído pela organização Meteorológica Mundial e pelo Programa das Nações Unidas para o Ambiente, com o objetivo de recolher informação à escala mundial sobre o tema das alterações climáticas (PNAC, 2001, p.27).

Através de instrumentos internacionais adotados em 15 de dezembro de 1993, na Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas (CQNUAC), que entraram em vigor a 21 de março de 1994, foram criados os princípios chave para a luta internacional contra as alterações climáticas que define nomeadamente o princípio das “*responsabilidades comuns mas diferenciadas*”, contribuindo assim a essa data, para a consciencialização da população mundial, para o tema das alterações climáticas (União Europeia, 2011).

Surge então o Protocolo de Quioto, em 11 de dezembro de 1997 assinado em Quioto no Japão, que sucede à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as alterações climáticas, sendo um dos instrumentos jurídicos internacionais mais importantes na luta contra as alterações climáticas, onde integra os compromissos assumidos pelos países industrializados, no qual se inclui a Comunidade Europeia em representação dos seus membros, sendo o documento assinado por 84 países (PNAC, 2001, p.24).

De acordo com Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2012, p.4) o objetivo do Protocolo de Quioto, visa a redução das suas emissões de gases com efeito de estufa responsáveis pelo aquecimento global, invertendo assim, o panorama que se tem vindo a agravar, ficando decidido que as emissões totais dos países desenvolvidos devem ser reduzidas, em pelo menos, 5 % em relação aos níveis registados em 1990, durante o período 2008-2012, tendo a União Europeia assumido uma redução em 8% nesse período.

Neste contexto, e de acordo com o Boletim Mensal de Economia Portuguesa de junho de 2011, refere-se que as políticas públicas na área de energia recentemente implementadas em Portugal baseiam-se num documento principal, denominado como Estratégia Nacional para a Energia (ENE), (Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, 2011).

A Estratégia Nacional para a Energia 2020 (ENE 2020), que foi aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros N° 29/2010, de 15 de abril de 2010, tem definidos os seguintes objetivos: competitividade; crescimento; independência energética e financeira; segurança no abastecimento e sustentabilidade.

E nesse sentido a ENE 2020 estabelece assim os objetivos a serem alcançados pelo País até ao horizonte de 2020 que se apresentam (ENE 2020, 2010):

- 1 – Reduzir a dependência energética do país face ao exterior para 74% em 2020 (...);
- 2 – Em 2020, 60% da eletricidade produzida tenha origem em fontes de energia renováveis e que o consumo de energia final diminua em 20%;
- 3 – Reduzir em 25% o saldo importador (...) gerando uma redução de importações de 2.000 milhões de euros anuais no horizonte de 2020;
- 4 – Consolidar o cluster das energias renováveis em Portugal, criando mais 100 mil postos de trabalho;
- 5 – Continuar a desenvolver o cluster industrial associado à promoção da eficiência energética, gerando um investimento previsível de 13 milhões de euros até 2020 e permitindo exportações adicionais de 400 milhões de euros;
- 6 – Promover o desenvolvimento sustentável criando condições para o cumprimento das metas da redução de emissões assumidas por Portugal no quadro europeu.

Para atingir os objetivos, a ENE, centra-se em dois planos principais (ENE, 2010):

- Na aposta nas energias renováveis através do Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis, (PNAER).
- Na promoção de eficiência energética, através do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética, (PNAEE).

O Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética, (PNAEE) prolonga-se até ao ano de 2015, tendo-se para tal criado um Fundo de Eficiência Energética (Fee) que é um instrumento financeiro que contempla, entre outras medidas a comparticipação de despesas a fundo perdido até ao limite de 1250 € na instalação de janelas eficientes (Fee.ADENE, 2012). Esta comparticipação está inserida nas medidas de eficiência energética na área das tecnologias no sector residencial e de serviços, estando previsto no ponto 5 do programa “Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios” a medida Janelas Eficientes, o qual corresponde o incentivo à instalação de janelas eficientes (vidro duplo e caixilhos com corte térmico) em até 200 mil fogos (DGEG/ADENE, 2008).

II.3.3 – Desenvolvimento Sustentável e Construção Sustentável

A definição de Desenvolvimento Sustentável nasce no ano de 1987 na Conferência da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) da Organização das Nações Unidas (ONU) (Pereira, 2009, p.11). O objetivo deste conceito aparece na tentativa de sensibilizar o planeta para o desperdício dos recursos naturais, estando a esse facto associado o crescimento da população mundial, aliado ao progresso tecnológico e industrial, que têm conduzido ao aumento significativo da procura de energia (Pereira, 2009, p.8). Os factos anteriormente apresentados deram origem em 1987, ao relatório “Our Common Future” (Nosso Futuro Comum), também designado de Relatório Brundtland onde ficou definido o conceito da seguinte forma (Pinheiro, 2006, p.85).

“ Por desenvolvimento sustentável entende-se o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazer as suas próprias necessidades.”

Posteriormente no ano 1992 realizou-se a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro, de onde resultou a elaboração da Agenda 21, onde o conceito de desenvolvimento sustentável sofreu alterações, tendo-se concluído que deve ter como base não só as preocupações ambientais, mas também fatores sociais e económicos (Ganhão, p.5).

A ideia do desenvolvimento sustentável foi reforçada em 1998, por Andrew Sage, segundo os pressupostos “ (...) *do progresso sociocultural e a preservação ambiental, através de uma utilização controlada dos recursos naturais associados a uma evolução económica e tecnológica, baseadas na eficiência e competitividade produtiva.*” (Ganhão, 2011, p.7).

II.3.4 – Construção sustentável na Agenda 21

O paradigma da construção sustentável nasceu dos pressupostos inerentes aos critérios de sustentabilidade aplicados à construção. Os objetivos visam introduzir condições que permitam, por um lado, atenuar os efeitos negativos resultantes da fraca qualidade do parque edificado existente, intervindo ao nível da reabilitação, por outro, aumentar a qualidade da construção de novos edifícios (Ganhão, 2011, p.10).

Assim sendo, e de acordo com Pinheiro (2006, p.73) a construção sustentável representa uma nova maneira de equacionar as várias fases que compreende o ciclo de vida da construção, iniciando-se no projeto, perpetuando-se nas restantes fases, como a construção, a operação e a demolição. Na Figura 10, estão representadas as várias fases do ciclo de vida da construção anteriormente referidos, pode-se ainda observar alguns impactes ambientais mais relevantes da cada fase (Pinheiro, 2006, p.73).

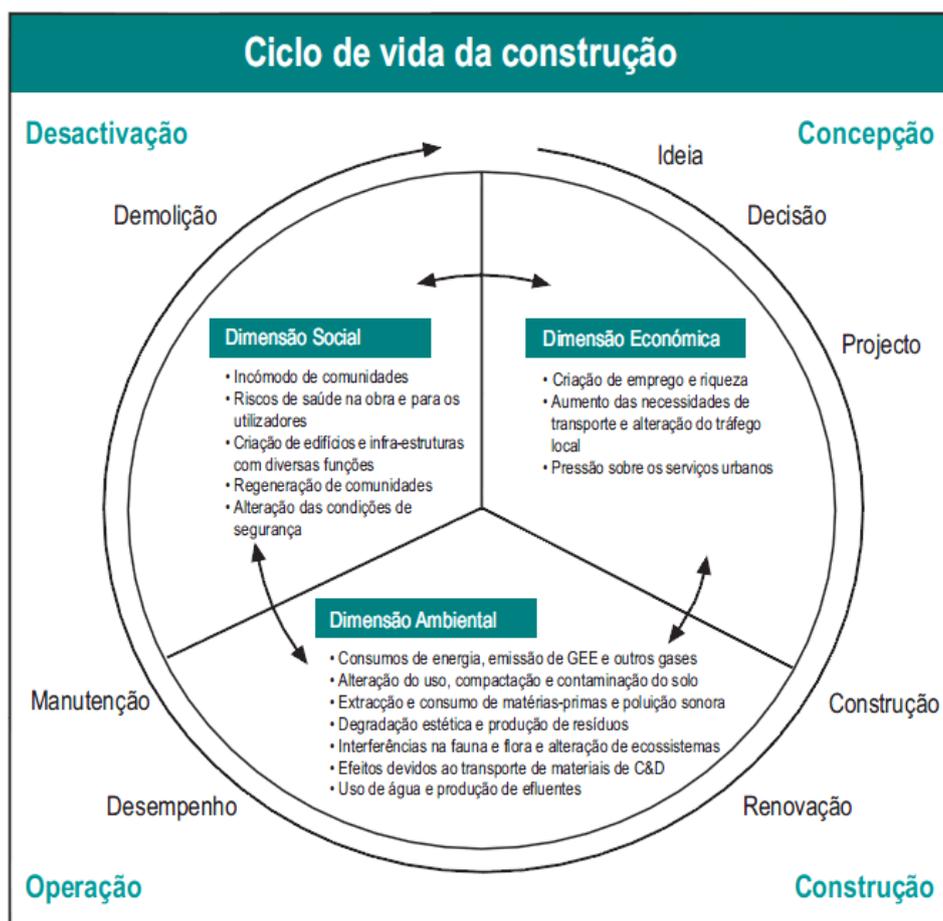


Figura 10: Impactes ambientais no ciclo das atividades da construção

Fonte: [adotado de Pinheiro: Ambiente e Construção Sustentável, (2006, p.74)]

Para além do exposto anteriormente, na Figura 11, apresenta-se as ações e orientações que devem ser contempladas de acordo com a Agenda 21, que compreende os vários atores intervenientes na indústria da construção civil, nomeadamente, no âmbito da construção sustentável, por forma a atingir o desenvolvimento sustentável (Pinheiro, 2006, p.107).



Figura 11: Ações da Agenda 21 para Construção Sustentável

Fonte: [adaptado de Pinheiro: Ambiente e Construção Sustentável, (2006, p.108)]

Também Sousa (2007, p.30) faz referência à Agenda 21 para a Construção Sustentável, onde evidencia, os grandes desafios para a indústria da construção que são:

" (...) integrar o processo de conceção, melhorar os parâmetros ambientais e repensar o processo construtivo em nome de uma construção sustentável. Para enfrentar tais desafios são precisos novos conceitos de edifício, responsabilidade nas tomadas de decisão, educação e pesquisa, consciencialização do público, normalização, regulação e recursos humanos."

Desta forma, os autores da Agenda 21 esperam assim, que exista por parte dos vários intervenientes na construção um aumento da responsabilidade, de conhecimento e investimento nas seguintes áreas que se apresentam (Sousa, 2007, p.30):

- Conceção de novos materiais reciclados, ou produzidos por fontes renováveis;
- Elaboração de sistemas de montar e desmontar e de reutilização fácil;
- Estandarização e modulação dos componentes;
- Melhoria dos instrumentos para o prognóstico do comportamento dos componentes e sistemas;
- Nova logística para reciclagem de ciclo fechado;
- Importância do conhecimento da geometria solar para aproveitamento dos benéficos bioclimáticos.

Capítulo III – Legislação com vista à eficiência energética na edificação

III.1 – Diretiva 2002/91/CE e regulamentação térmica de edifícios em Portugal

Perante os factos apresentados, no que concerne à dependência de produtos energéticos² ao aumento da produção de energia, que é uma das principais fontes emissoras de GEE, a UE adotou medidas que visam a eficiência energética no sector dos edifícios que são responsáveis aproximadamente por 40% do consumo da energia final na Europa (DGEG, 2012)

Para fazer face a esse elevado consumo de energia por parte dos edifícios, a UE estipulou que mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas de eficiência energética, estimando-se uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO₂, que representa quase a totalidade do compromisso da UE no âmbito do Protocolo de Quioto (DGEG, 2012).

Assim, e no âmbito do Protocolo de Quioto, para uma proposta de uma edificação mais “sustentável”, foi introduzida em 2002 pela Comissão Europeia, a Diretiva relativa ao Desempenho Energético de Edifícios (DEE)³ também designado por (Energy Performance of Buildings Directive - EPBD), tendo sido aprovada a 16 de dezembro como Diretiva Europeia (2002/91/CE), em que os seus objetivos são:

- Aumentar progressivamente as exigências regulamentares relativas à qualidade térmica dos edifícios de obra nova, de forma que se reduza o consumo energético;
- Promover edifícios novos com elevada eficiência energética;
- Identificar medidas que tendam a melhorar a eficiência energética de edifícios existentes.

² Os produtos petrolíferos, o gás natural e os combustíveis sólidos.

³ A energia calculada ou medida necessária para satisfazer a procura de energia associada à utilização típica do edifício, que inclui, nomeadamente, a energia utilizada para o aquecimento, o arrefecimento, a ventilação, a preparação de água quente e a iluminação.

Perante os objetivos anteriormente apresentados na Diretiva estabelece-se:

- Uma metodologia comum de cálculo da eficiência energética, (Artigo nº. 3);
- Os requisitos mínimos que se devem satisfazer (Artigo nº. 4), onde está definido o consumo energético máximo permitido ao edifício;
- A certificação energética (Artigo nº. 7), que é a forma de reconhecer as medidas que visa para alcançar uma maior eficiência energética;
- E a inspeção periódica de caldeiras e sistemas de climatização (Artigo nº. 8).

Segundo, a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG, 2012) a adoção do sistema de certificação energética permite informar os cidadãos sobre a qualidade térmica dos edifícios, aquando da construção, da venda ou do arrendamento dos mesmos.

Por outro lado, permite, aos futuros utentes tanto de edifícios novos como de existentes que sejam sujeitos a intervenções de reabilitação, obter informação sobre, o consumo de energia potencial do edifício (DGEG, 2012).

Assim, Portugal como Membro da Comunidade Europeia e perante os acordos assumidos, transpôs a 4 de abril de 2006, a Diretiva Europeia 2002/91/CE, dando origem a três novos diplomas legais que contemplam alterações legislativas importantes com implicações nas práticas comuns de projetar e de construir edifícios, que se passam a indicar:

- Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar (SCE) – Decreto-Lei 78/2006 (ADENE, 2009);
- Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCTTE)⁴ – Decreto-Lei 80/2006 que se aplica a edifícios de habitação ou pequenos edifícios de serviços sem sistemas de climatização, ou com sistemas de potência instalada inferiores a 25kW (ADENE, 2011);
- Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE)⁴ – Decreto-Lei 79/2006- que se aplica a grandes edifícios de serviços ou a pequenos edifícios de serviços ou habitação que disponham de sistemas de climatização superior a 25kW de potência instalada (ADENE, 2011a).

⁴ O RCCTE e o RSECE são a regulamentação técnica, que serve de suporte a todas as exigências de projeto.

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar (SCE), Decreto-Lei n.º78/2006, de 4 de abril, estabelece um conjunto de regras e metodologias de forma a assegurar a aplicação regulamentar (ADENE, 2009).

O SCE é um dos três pilares sobre os quais assenta a nova legislação relativa à qualidade térmica dos edifícios em Portugal e que tem como objetivo principal, proporcionar economias significativas de energia para o país, em geral, e para os utilizadores dos edifícios, em particular.

A qualidade do ar interior em edifícios ganha importância no SCE na medida em que as pessoas passam mais de 90% do seu tempo dentro de espaços interiores de edifícios que tem interferência nos aspetos ligados ao grau de saúde dos seus ocupantes (Casa Certificada, 2012).

O certificado como a declaração de conformidade regulamentar emitidos no âmbito do SCE, incluem a classificação do imóvel em termos de desempenho energético com base em pressupostos nominais.

No que concerne ao certificado energético no qual é atribuído a classificação energética do edifício, esta segue uma escala pré-definida de 7+2 classes (A+, A, B, B-, C, D, E, F e G), como se pode observar na Figura 12, em que a classe A+ corresponde a um edifício com melhor desempenho energético ou alta eficiência e a classe G corresponde a um edifício de pior desempenho energético ou baixa eficiência (ADENE, sd.).

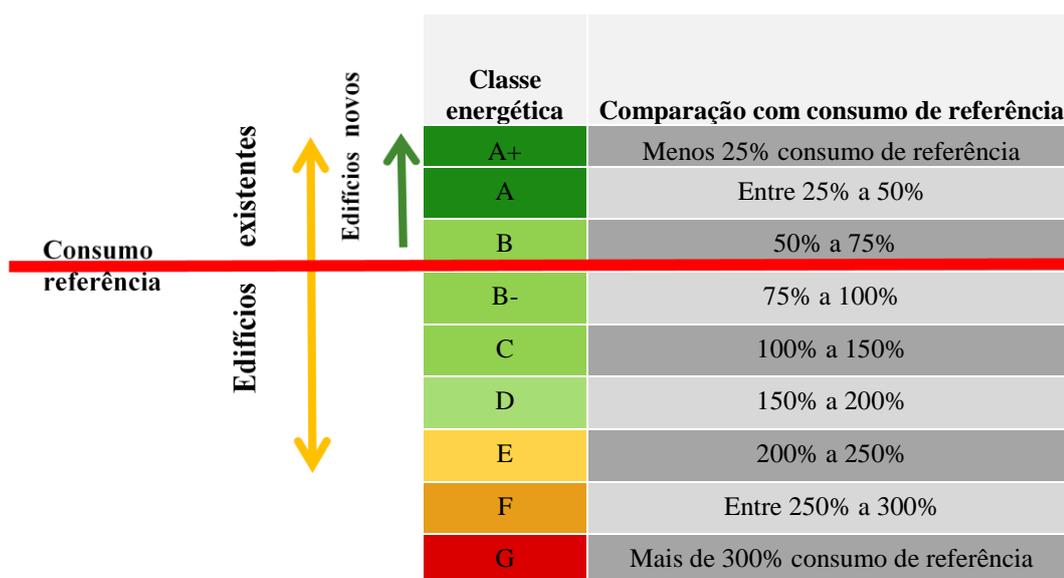


Figura 12: Classes energéticas do SCE de acordo com o consumo de referência

Fonte: [adaptado de Passos (2011)]

III.1.2 – Desempenho energético de edifícios e classes energéticas

A classificação energética de edifícios de habitação ou frações é feita através do desempenho energético representado por um gradiente de classes que é calculado segundo a expressão $R=N_{tc}/N_t$, em que “ N_{tc} ” representa as necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes e o “ N_t ” o valor limite destas (ADENE, sd.).

Nos edifícios novos, as classes energéticas variam apenas entre as classes A+ e B-, ou seja, o valor do N_{tc} deve ser no mínimo igual ao N_t . Os edifícios existentes poderão ter qualquer classe (de A+ a G) (Casa certificada, 2012).

O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de abril de 2006, caracteriza o comportamento térmico dos edifícios através da quantificação dos seguintes índices e parâmetros apresentados no ponto 2 do Artigo 4º do RCCTE 4 de abril de 2006.

- N_{ic} – define o valor das necessidades nominais anuais de energia útil para a estação de aquecimento a uma temperatura interior de 20°C;
- N_{vc} – define o valor das necessidades nominais anuais de energia útil para a estação de arrefecimento, um edifício ou fração autónoma a uma temperatura interior inferior à de referência que é de 25°C;
- N_{ac} – define o valor das necessidades nominais anuais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias correspondente ao aquecimento a uma temperatura de 60°C, sendo o consumo médio anual de referência de 40l/(dia.pessoa);
- N_{tc} – define as necessidades globais de energia primária⁵.

⁵ Energia primária é o recurso energético que se encontra disponível na Natureza (petróleo, gás natural, energia hídrica, energia eólica, biomassa, solar).

De acordo com o ponto 3 do artigo 4º do RCCTE (4 de abril de 2006) onde apresenta os parâmetros complementares a quantificar sob condições específicas que são:

- Os coeficientes de transmissão térmica, superficiais (U) e lineares (Ψ), dos elementos da envolvente, integrando as transmissões de calor pelas pontes térmicas, quer para o exterior, quer para locais não aquecidos;
- A classe de inércia térmica do edifício ou da fração autónoma (I_t) capacidade de contrariar as variações de temperatura no seu interior, o que acontece devido à capacidade dos elementos construtivos acumularem calor;
- O fator solar dos vãos envidraçados (g_{\perp}) corresponde à contabilização dos ganhos solares dos vãos envidraçados, que variam de acordo com o tipo de vidro, de caixilharia, de sombreamento e da orientação solar do edifício;
- A taxa de renovação de ar (R_{ph}) relaciona-se com a possibilidade de aumentar a qualidade do ar interior, tendo também a capacidade de transferir energia entre o interior do edifício e a sua envolvente.

O regulamento no âmbito dos vãos envidraçados, prevê métodos para quantificação dos ganhos solares tanto para o verão como para o inverno, das taxas de renovação de ar em função da classe de permeabilidade ao ar da caixilharia e do fator solar do vão envidraçado, sob condições particulares, no verão (RCCTE, 2006).

No entanto, não foram estabelecidos no regulamento, valores limites para os fatores solares dos vãos envidraçados logo que se satisfaça uma das seguintes condições: Janelas localizadas no quadrante norte e janelas que apresentam área total inferior a 5% da área do pavimento do compartimento em que estão inseridas (RCCTE, 2006).

III.2 – A nova Diretiva Europeia para o Desempenho Energético de Edifícios

A nova Diretiva Europeia para o Desempenho Energético de Edifícios (Diretiva 2010/31/EU) é a revisão imposta no âmbito da União Europeia, que vai exigir uma reformulação da versão anterior de 2002, que vai trazer alterações significativas (DGEG, 2012).

De acordo, com a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG, 2012) esta nova Diretiva (2010/31/EU) vem reforçar as exigências mínimas para os edifícios, no âmbito

da eficiência energética, implicando aspetos que terão um impacto muito significativo em Portugal, nomeadamente as alterações que terão de ser introduzidas nos requisitos dos presentes regulamentos para incluir o conceito de custo/benefício, numa ótica de custo de ciclo de vida alargado nos edifícios, tendo os investimentos que ser pensados a longo prazo em termos de retorno energético. Segundo, a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG, 2012) referindo que:

“ Os requisitos mínimos vão ser muito mais exigentes e controlados a nível europeu por uma metodologia comum. Passa a existir a obrigatoriedade da justificação da viabilidade económica destes requisitos, que terão que ser pelo menos próximos do ótimo” (...) “Surge também o conceito "edifícios com necessidades quase nulas de energia...”

A designação de edifícios com balanço energético nulo ou quase nulo (Net-zero energy buildings), ocorre devido à reformulação da Diretiva Europeia para o Desempenho Energético de Edifícios (EPBD) que foi aprovada em 19 de Maio de 2010, vindo assim reforçar as exigências mínimas para os edifícios, no âmbito da eficiência energética revogando, deste modo, a sua antecessora, a Diretiva Europeia (n.º2002/91/CE) (DGEG, 2012).

De acordo, com o Artigo 2º desta nova diretiva (Diretiva 2010/31/EU).

“ «Edifício com necessidades quase nulas de energia» é um edifício com elevado desempenho energético muito elevado” (...) “As necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis, incluindo energia proveniente de fontes renováveis produzida no local ou nas proximidades (...)”.

Esta nova Diretiva, surge assim no âmbito do objetivo europeu (sendo também denominado “UE 20 20 20” em 2020), que traça para o horizonte de 2020, uma redução de 20% nas emissões de GEE e um aumento em 20% de energia proveniente de fontes renováveis e na eficiência energética (Passos, 2011).

Passos (2011) refere ainda, que esta diretiva impõe a todos os Estados Membros que assegurem a partir de dia 31 de dezembro de 2020 que todos os novos edifícios sejam construídos de acordo com as especificações da diretiva, ou seja, com balanço energético nulo ou quase nulo, no entanto, para edifícios públicos este prazo é de 31 de dezembro de 2018.

A nova Diretiva impõe ainda o uso na construção de produtos de qualidade com critérios integrados em termos energéticos e ambientais. Assim, os principais objetivos são, garantir uma maior eficiência energética dos edifícios bem como garantir a sustentabilidade na construção numa perspetiva aliada ao conforto interior para os seus ocupantes. Seguidamente, apresentam-se alguns requisitos e desafios principais da nova EPBD, que se evidenciam nos seguintes pontos (ADENE, 2012a):

- Abolição do limite de 1000 m² na aplicação dos requisitos em casos de grandes reabilitações;
- A introdução de requisitos a nível dos sistemas de climatização e de processos de inspeção;
- Conceito de custo/benefício numa óptica de custo de ciclo de vida alargado nos edifícios, onde os investimentos terão que ser pensados a longo prazo em termos de retorno energético;
- Os requisitos mínimos serão muito mais exigentes e controlados a nível europeu por uma metodologia comum;
- Passa a existir a obrigatoriedade da justificação da viabilidade económica destes requisitos;
- Para os edifícios novos, estudo de viabilidade técnica, ambiental e económica de sistemas alternativos de elevada eficiência (energias renováveis, cogeração, bombas de calor);

Para os edifícios existentes:

- Na realização de grandes renovações em edifícios, o desempenho energético do edifício ou da sua parte renovada deve ser melhorado;
- Incentivo à análise e tomada em consideração sistemas alternativos de elevada eficiência (a semelhança dos novos).

Para sistemas técnicos dos edifícios:

- Requisitos relativos ao desempenho energético para novos sistemas e substituição ou melhoria de existentes;
- Aplicável quando possível do ponto de vista técnico, económico e funcional;
- Abrange sistemas de aquecimento, AQS e AVAC.

III.2.1 – Edifícios de balanço energético nulo ou quase nulo

Um Edifício de Balanço de energia (quase) zero (NZEB) é aquele, em que a produção de energia no edifício (ou nas proximidades) iguala o seu consumo. Este constitui o objetivo da União Europeia para os novos edifícios a construir a partir do ano 2020 (LNEG, 2012).

Na verdade, os edifícios de balanço energético nulo ou quase nulo, caracterizam-se pela sua elevada eficiência energética. Isso justifica-se, porque as necessidades de energia provêm essencialmente da utilização de energia solar e outras fontes de energias renováveis (ex. eólica), o que lhes confere ao longo do ano autonomia do fornecimento de energia da rede (Coelho, 2011, p.15). Por outro lado, no caso de produção elevada por parte do edifício, este pode enviar para a rede, da mesma forma quando tem necessidades energéticas podem ser as mesmas obtida da rede (Coelho, 2011, p.15).

Costa (2012, p.7) refere que as medidas passivas, surgem de forma a reduzir as necessidades energéticas (para aquecimento e arrefecimento), sendo assim possível alcançar o objetivo de um edifício com elevado desempenho energético, onde o balanço energético é nulo ou quase nulo conforme ilustra a Figura 13.

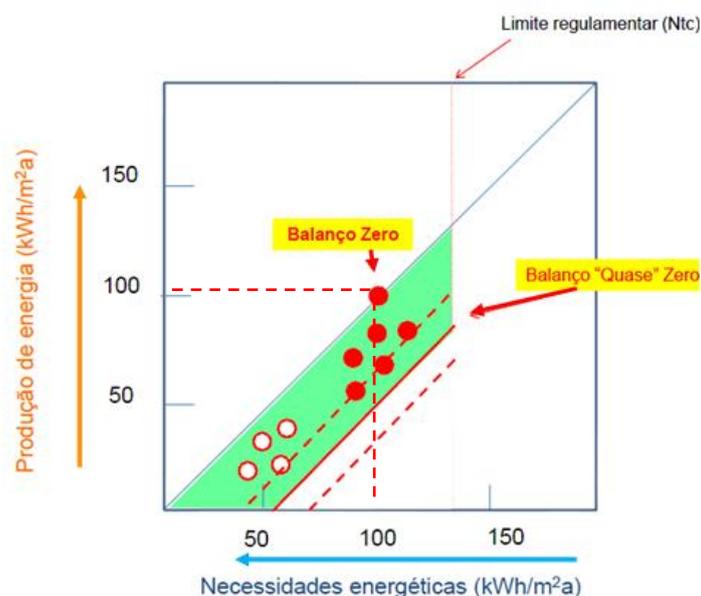


Figura 13: Representação gráfica do balanço energético nulo ou quase nulo de um edifício (NZEB)
 Fonte: [adaptado de Gonçalves: Conceito do NZEB: Desafios em Portugal face à nova Diretiva, (2011)]

Para além do que já foi referido, para alcançar um edifício com balanço energético nulo ou quase nulo, é necessário a utilização de meios passivos. Para tal, é preciso conhecer os aspetos bioclimáticos e os fluxos energéticos naturais que intervêm na localização do edifício, tais como o clima, a envolvente, a radiação solar incidente e o vento (Costa, 2012, p.7). Esse conhecimento é importante para delinear a melhor estratégia de otimizar medidas passivas que melhor se ajustam ao local, de forma a obter o máximo de benefícios energéticos, tanto para aquecimento como para arrefecimento, iluminação e ventilação.

Para Gonçalves (2011) são ainda necessárias duas fases para que se possa alcançar um edifício com o desempenho com balanço energético nulo ou quase nulo. Segundo o autor a primeira fase a ser tomada em conta, é a forma de reduzir as necessidades energéticas com medidas passivas, como seja, a otimização térmica da envolvente e ganhos solares, e ainda a utilização de sistemas eficientes de iluminação e equipamentos. Após encontrar a solução ótima das várias soluções apresentadas anteriormente, passa-se à segunda fase, que será o dimensionamento dos equipamentos para a produção de energia a partir de fontes renováveis como por exemplo, sistemas fotovoltaicos, eólicos, solares entre outros (Gonçalves, 2011).

Atendendo ao anteriormente exposto, relativamente à nova diretiva EPBD, apresenta-se um exemplo de um edifício (NEZB) construído em Portugal, Edifício Solar XXI (Figura 14) do LNEG que foi inaugurado em 2006, (LNEG, 2012).



Figura 14: Edifício Solar XXI do LNEG, fachada orientada a sul

Fonte:[LNEG, Edifício Solar XXI, 2010]

A conceção deste edifício, partiu do pressuposto de um edifício de baixo consumo de energia, onde integra tecnologias renováveis (solar térmico e fotovoltaico) e sistemas passivos para aquecimento e arrefecimento ambiente. O edifício foi assim construído, de forma a potenciar o uso de energias renováveis, com a integração das seguintes estratégias (LNEG, 2010):

- Otimização térmica da envolvente;
- Aumento da área de captação de ganhos solares - fachada solar a Sul, como um sistema de ganho direto para aquecimento;
- Dispositivos de sombreamento exteriores nos vãos orientados a Sul e Iluminação natural;
- Fachada fotovoltaica, para aproveitamento elétrico;
- Recuperação de calor por convecção natural na fachada fotovoltaica para aquecimento ambiente;
- Coletores solares para aquecimento ambiente e sistema de arrefecimento passivo por tubos enterrados;
- Iluminação natural.

III.3 – Benefícios bioclimáticos em edifícios e ganhos energéticos através da geometria solar

De acordo, com Gonçalves e Graça (2004, p.4) as variáveis climáticas que mais influenciam os edifícios, em termos de transferência de calor, são a temperatura do ar exterior e a radiação solar. Na verdade a temperatura do ar, é uma variável de indução nas trocas de calor através da envolvente do edifício, sendo determinante no estabelecimento de fluxos energéticos do interior para o exterior, que ocorrem no período de inverno, no qual corresponde a perdas térmicas, já na época de verão o fluxo inverte-se dando origem a uma situação de ganhos térmicos.

Os autores Gonçalves e Graça (2004) preconizam como medidas normalmente adotadas na situação de inverno (perdas térmicas) a utilização de soluções de isolamento térmico nos elementos opacos (paredes, coberturas e pavimentos) e a utilização de janelas com vidro duplo e caixilharia com corte térmico. Durante o inverno os ganhos solares são benéficos, pois durante o dia deixam entrar o calor do sol permitindo assim o aquecimento interior (Gonçalves e Graça, 2004).

Por outro lado, no verão, por causa dos ganhos térmicos, aumenta a carga térmica do edifício e consequentemente a sua temperatura interna, sendo portanto algo a evitar nesta época (Gonçalves e Graça, 2004). Assim, é importante conhecer a orientação e posição do sol ao longo do ano, tendo em conta que é uma fonte de calor que tem interação com os edifícios em termos energéticos. Efetivamente, este conhecimento permite projetar os edifícios da melhor forma, conseguindo-se assim, beneficiar das mais valias do sol, sempre numa perspetiva bioclimática e sustentável.

III.3.1 – O dimensionamento das áreas envidraçadas, em função da orientação solar

O dimensionamento das áreas envidraçadas, em função da orientação solar, resulta dos cálculos térmicos, sendo uma medida que contribui consideravelmente para o conforto em espaços interiores através da proporção adequada das áreas envidraçadas (Construção Sustentável, 2012).

Para tal, deve-se ter em consideração a variação do percurso do sol ao longo do ano, pois é determinante na capacidade de penetração da radiação solar nos espaços interiores. Assim sendo, na otimização do desempenho do edifício, podem resultar, maiores áreas envidraçadas orientadas a Sul (para aumentarem os ganhos solares diretos durante o inverno) e menores áreas envidraçadas orientadas a Norte (de modo a diminuir as perdas térmicas) (Construção Sustentável, 2012).

Atendendo ao anteriormente exposto, na Figura 15 está ilustrado o aproveitamento dos ganhos solares no interior de um compartimento na época do inverno. Como se pode ver, a incidência de radiação solar através do vão envidraçado para o interior do compartimento promove o aquecimento durante o dia, sendo a energia solar

“armazenada” através da absorção pela inercia térmica dos materiais que constitui as paredes e lajes. Durante a noite a energia acumulada (calor) nos elementos construtivos é libertada.

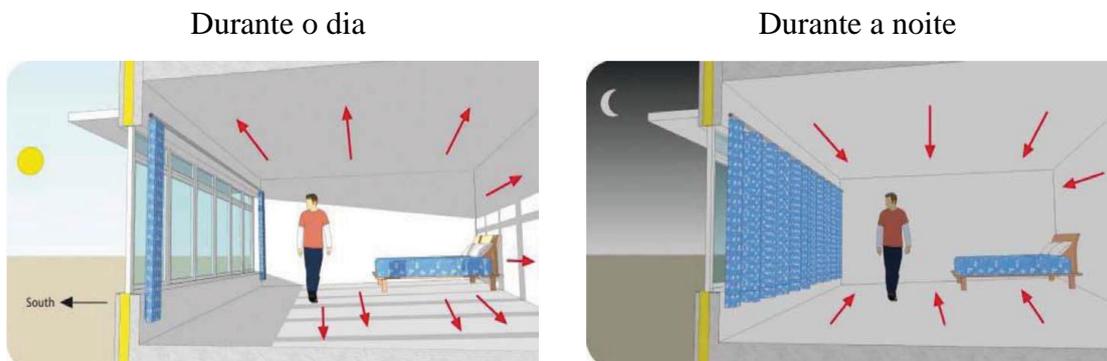


Figura 15: Ganhos solares no inverno ou época fria

Fonte: [adaptado de Energuia (2012, p. 25)]

No entanto, no verão, os vãos envidraçados necessitam de ser protegidos, por meio de sombreamento (ex. palas) de forma a reduzir os ganhos solares internos, evitando assim o sobreaquecimento interior, como também a uma diminuição de gastos de energia para arrefecimento interior, Figura 16 (Energuia, 2012, p.25).

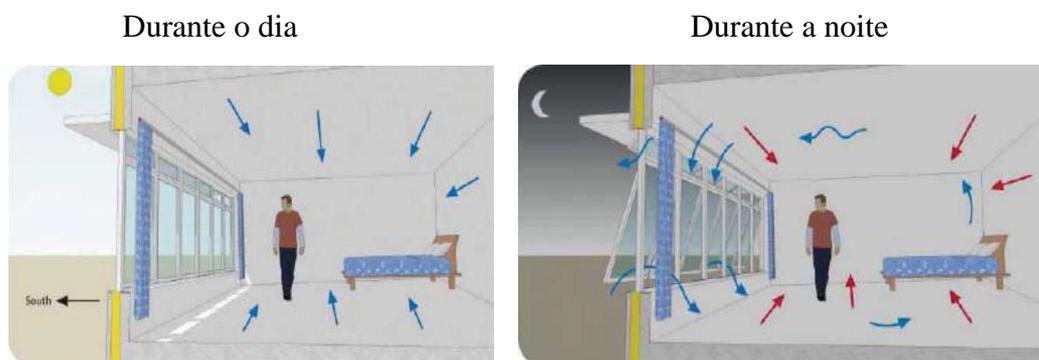


Figura 16: Restrição dos ganhos solares no verão ou época quente

Fonte: [adaptado Energuia (2012, p.24)]

Capítulo IV – Legislação no âmbito de portas e janelas

Neste capítulo, são apresentadas, a legislação e normas vigentes que condicionam a escolha de portas e janelas para um edifício, uma vez, que todos os projetos devem estar preconizados de acordo com a regulamentação em vigor no âmbito da caixilharia em obras de construção.

De acordo, com o Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 38 382, de 7 de agosto de 1951, com a última alteração introduzida ao Art.º 17.º pelo Decreto-Lei n.º 50/2008, de 19 de março, estabelece-se o seguinte (LNEC, 2011):

Art. 15.º Todas as edificações, seja qual for a sua natureza, deverão ser construídas com perfeita observância das melhores normas da arte de construir e com todos os requisitos necessários para que lhes fiquem asseguradas, de modo duradouro, as condições de segurança, salubridade e estética mais adequadas à sua utilização e às funções educativas que devem exercer.

Para além, da legislação atrás referida, existe a nível nacional as recomendações do LNEC para a especificação das classes de desempenho das janelas e portas, em função da sua exposição, que abrange as seguintes características, segundo as Informações Técnicas de Edifícios que se apresentam (LNEC, 2011):

- Estanqueidade à água – ITE 51⁶;
- Resistência ao vento – ITE 51;
- Resistência ao impacto – ITE 51 e ITE 52⁷;
- Segurança dos dispositivos de manobra – ITE 51;
- Permeabilidade ao ar – ITE 51;
- Coeficiente de transmissão térmica -ITE 50⁸.

⁶ ITE 51 – Componentes de edifícios. Seleção de caixilharia e seu dimensionamento mecânico. Lisboa, LNEC, 2006.

⁷ ITE 52 – Componentes de edifícios. Aspectos de segurança e resistência mecânica do vidro. Lisboa, LNEC, 2008.

⁸ ITE 50 – Coeficiente de transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios. Lisboa: LNEC, 2006.

IV.1.1 – Normas europeias para as portas e janelas

Efetivamente, desde 1 de fevereiro de 2010 todas as janelas e portas pedonais exteriores comercializadas no espaço económico europeu, têm de possuir Marcação CE e a respetiva declaração de conformidade, de acordo com o disposto na Diretiva comunitária 89/106/CEE (DPC) que é relativa aos produtos de construção, de 21 de dezembro de 1988, e segundo a norma EN 14351-1:2006+A1:2010, (LNEC, 2011).

Na verdade, a marcação CE recai sobre o produto final, sendo uma garantia do cumprimento dos requisitos essenciais, exigidos pela Diretiva dos Produtos de Construção (DPC) (Extrusal, 2011). Segundo, a Associação Nacional de Fabricantes de Janelas Eficientes (ANFAJE, 2012) são previstos seis requisitos técnicos essenciais a considerar na avaliação da conformidade das obras onde são aplicados os produtos de construção:

- Resistência mecânica e estabilidade;
- Segurança em caso de incêndio;
- Higiene, saúde e proteção do Ambiente;
- Segurança na utilização;
- Proteção contra o ruído;
- Economia de energia e isolamento térmico.

A marcação CE é o símbolo (Figura 17), que permite conferir que efetivamente, determinado produto ao qual se aplica, cumpre os requisitos impostos pelas diretivas comunitárias, comprovando-se que o produto colocado, disponibilizado ou a circular no mercado comunitário, goza de conformidade com a legislação comunitária por estar em concordância com as especificações técnicas aplicáveis, aos produtos de construção (LNEC, 2011).



Figura 17: Símbolo de marcação CE

Fonte: [adotado de ANFAJE – Marcação CE de janelas e portas exteriores, 2012]

Para a avaliação da conformidade dos produtos (janelas) o fabricante das caixilharias é obrigado a (Extrusal, 2011):

- Realizar Ensaio de Tipo Iniciais (ITT) do produto em laboratório notificado;
- Implementar um Controlo Interno de Produção (FPC) – controlo do processo produtivo;
- Emitir uma Declaração CE de conformidade para cada produto, através da qual declara estar capacitado para a colocação da Marcação CE;
- Colocar uma etiqueta Marcação CE em cada produto fabricado e indicar as características obrigatórias que o definem.

Deste modo, os ensaios do Tipo Iniciais (ITT) destinam-se a demonstrar que o produto (janelas, porta e janela de cobertura) cumpre os requisitos da Norma de classificação. No Quadro 3, apresentam-se as características essenciais, norma de classificação e de ensaio de janelas, portas e janelas de cobertura (Tadeu et al.; 2010).

Quadro 3: Características essenciais, normas de classificação e ensaio de janelas, portas e janelas de cobertura

Fonte: [adaptado de – Marcação CE, Tadeu et al., (2010)]

Características essenciais	Norma de Classificação	Norma de ensaio	Janela (W), Porta (D), Janelas de cobertura (RW)
Permeabilidade ao ar	EN 12207	EN 1026	W; D; RW
Estanqueidade à água	EN 12208	EN 1027	W; D; RW
Resistência ao vento	EN 12210	EN 12211	W; D
Resistência ao impacto	EN 13049	EN 13049	RW
Resistência mecânica dos dispositivos de segurança	Valor limite	EN 14609 EN 948	W; D; RW
Determinação de forças de manobra	EN13115 EN12217	EN12046-1 EN12046-2	W; D
Coefficiente de transmissão Térmica (U)	Valor declarado	EN ISO 10077-1 EN ISO 10077-2 EN ISO 12567-1 EN ISO 12567-2	W; D; RW
Desempenho acústico	Valor declarado	EN ISO 140-3 EN ISO 717-1	W; D; RW

IV.1.2 – Seleção de janelas em função da exposição

A seleção de janelas nos edifícios é condicionada no âmbito regulamentar e normativo por causa de fatores que influenciam através dos efeitos dos agentes meteorológicos, como seja, o vento, a chuva e a radiação solar.

IV.1.2.1 – Permeabilidade ao Ar – Ensaio e classificação

De acordo com o RCCTE a classe de exposição ao vento (ver RCCTE, Anexo IV, Quadro IV.2) depende de três parâmetros:

- Altura do edifício acima do solo;
- Região em que o edifício se situa;
- Rugosidade aerodinâmica da zona circundante.

Quanto ao zonamento do Território Português, trata-se da definição do Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA, 1983) de zonas caracterizadas por diferentes velocidades do vento, que se passa indicar:

Região A – Todo o território nacional, exceto os locais pertencentes à região B;

Região B – Região Autónoma dos Açores e da Madeira e as localidades situadas numa faixa de 5 km de largura junto à costa e/ou de altitude superior a 600 m.

Tendo em conta, que a rugosidade aerodinâmica do solo condiciona o perfil da velocidade do vento para as alturas acima do solo relevantes para o estudo associado a cada edifício, consideram-se três tipos de rugosidade do solo (RSA, 1983):

Rugosidade grau I – Edifícios situados no interior de uma zona urbana;

Rugosidade grau II – Edifícios situados na periferia de uma zona urbana ou numa zona rural;

Rugosidade grau III – Edifícios situados em zonas muito expostas (sem obstáculos que atenuem o vento).

As diferentes classes de exposição ao vento consideradas no âmbito do RCCTE estão sintetizadas no seguinte Quadro 4 (RCCTE, Anexo IV, Quadro IV.2).

Quadro 4: Classes de exposição ao vento das fachadas do edifício ou da fração autónoma

Fonte: [adaptado de Manual de apoio à aplicação do RCCTE, Camelo et al., (2006)]

Altura do edifício acima do solo	Região A			Região B		
	Grau de rugosidade			Grau de rugosidade		
	I	II	III	I	II	III
<10m	Exp.1	Exp.2	Exp.3	Exp.1	Exp.2	Exp.3
10m a 18m	Exp.1	Exp.2	Exp.3	Exp.2	Exp.3	Exp.4
18m a 28 m	Exp.2	Exp.3	Exp.4	Exp.2	Exp.3	Exp.4
>28 m	Exp.3	Exp.4	Exp.4	Exp.3	Exp.4	Exp.4

A permeabilidade ao ar de janelas e portas exteriores é determinada através de ensaios segundo a norma EN-1026:1999, sendo a permeabilidade ao ar expressa pela fuga de ar em Pascal (m^3/hm^2). A classificação é atribuída segundo a Norma EN 12207:2000, em 4 classes (Barbosa, 2010). Camelo et al., (2006, p.34 e 35) refere que a classe de permeabilidade ao ar é definida pelo caudal de ar que atravessa a caixilharia, em função da diferença de pressão criada entre as suas faces.

Na Figura 18 estão representados os limites superiores de cada uma das classes consideradas no âmbito do RCCTE, segundo a norma EN12207, em que a classe de permeabilidade ao ar de uma janela é obtida pelo melhor dos resultados expressos face à unidade de comprimento de junta móvel em ($m^3/h/m$) ou por unidade de área móvel ($m^3/h/m^2$) (Camelo et al., 2006, p.34 e 35). De acordo com Camelo et al.,(2006) a classe 4, da EN 12207, para efeitos do RCCTE considera-se classe 3 .

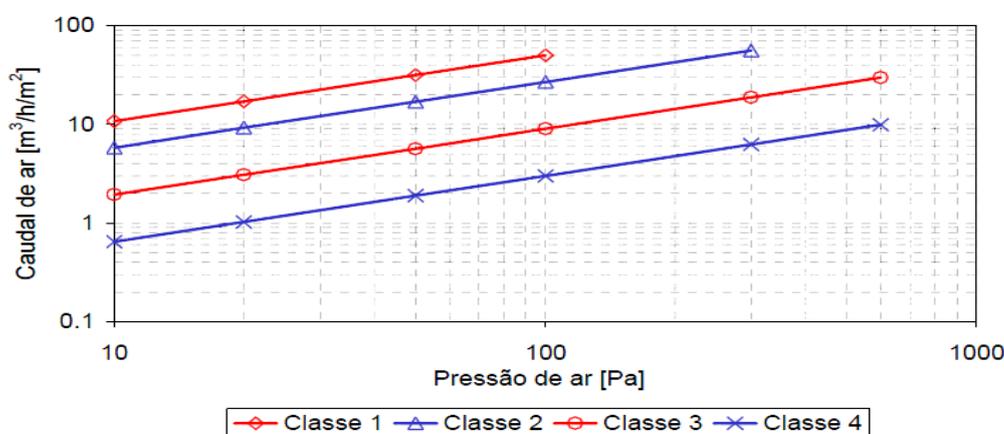


Figura 18: Limites superiores das classes de permeabilidade ao ar das caixilharias

Fonte: [adotado Camelo et al., (2006) – Manual de apoio à aplicação do RCCTE]

IV.1.2.2 – Estanqueidade à Água –Ensaio e classificação

De acordo com Barbosa (2010, p.12), para efeitos de ensaio de estanqueidade à água, as janelas e portas exteriores são submetidas a ensaios segundo a norma EN 1027:2000, e os respetivos resultados classificados de acordo com a norma EN 12208:1999. Nesta norma estão previstas 9 classes de estanqueidade, sendo a classe 1 a que tem um menor desempenho (Barbosa, 2010, p.12). Na Figura 19, pode-se observar as classes de estanqueidade à água atribuída a uma janela de PVC.

IV.1.2.3 – Resistência ao Vento–Ensaio e classificação

Para ensaios de resistência ao vento as janelas e portas exteriores devem ser submetidas a ensaios segundo a norma EN 12211:2000, sendo os resultados classificados de acordo com a norma EN 12210:1999 (Tadeu et al., 2010).

Segundo, Barbosa (2010, p.16) na atribuição da classe de resistência ao vento, estão previstas 5 classes, e três tipos de classes de deformação relativa, A, B e C. A classe A, permite uma deformação máxima de 1/150 do vão, a classe B de 1/200 do vão e por último a classe C de 1/300 do vão.

Na Figura 19, pode-se ver as classes atribuídas de acordo com os ensaios ITT, de uma caixilharia de PVC⁹ (Deleme, sd;a), sistema de batente. No ensaio de permeabilidade ao ar obteve classificação 4, estanqueidade à água 9 e resistência ao vento C4 à qual corresponde uma deformação 1/300 do vão. Esta janela apresenta efetivamente um excelente desempenho aos parâmetros anteriormente referidos.

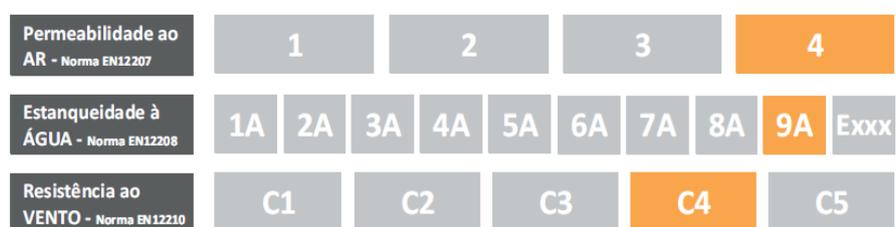


Figura 19: Resultado de Ensaio ITT de janela em PVC

Fonte: [adaptado de Deleme janelas – Ficha técnica T70 SC, (Deleme, sd;a)]

⁹ Nota: No Anexo VI pode-se observar a Ficha Técnica completa da janela em PVC constante na figura 19.

IV.2 – Desempenho energético de janelas SEEP

IV.2.1 – Sistema de Etiquetagem Energética de Janelas (SEEP)

Perante, os desafios apresentados, no que concerne à construção sustentável, à promoção da eficiência energética e à seleção de materiais e equipamentos com base no seu desempenho ambiental. Surge assim, em Portugal no início do presente ano de 2013, o Sistema de Etiquetagem Energética de Produtos¹⁰ (SEEP) no qual, as janelas são pioneiras na implementação deste sistema de etiquetagem que permite a caracterização de janelas, nos aspetos ligados ao conforto térmico e acústico. Por outro lado, pretende ser um instrumento de incentivo à escolha de produtos de acordo com o seu desempenho e eficiência energética, permitindo assim, uma redução do consumo de energia nos edifícios e consequentemente a redução de custos para o consumidor final (ADENE, 2013).

Segundo, a ADENE (2013) o “sistema de Etiquetagem Energética de Produtos, é um sistema voluntário de marcação ou etiquetagem que permite ao utilizador final, comparar produtos de acordo com o desempenho energético e com reflexo no consumo de energia”.

No Quadro 5, pode-se observar o valor aproximado em (%) da redução do consumo de energia associado às janelas¹¹, sendo que a mais eficiente (classe A) pode permitir uma redução do consumo de energia associado à janela, em cerca de 50%.

Quadro 5: Redução do consumo de energia associado às janelas

Fonte: [adaptado de ADENE –Etiquetagem energética de janelas, 2013]

CLASSE	REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ASSOCIADO ÀS JANELAS*
A	50%
B	40%
C	30%
D	20%
E	10%
F	0%
G	não aplicável

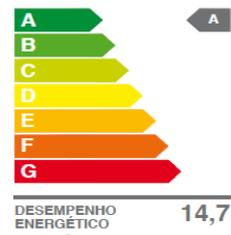
¹⁰ Esta etiqueta é para produtos não regulados pela Comissão Europeia, nomeadamente Janelas, Soluções construtivas (isolamentos fachadas), Painéis Solares, Elevadores.

¹¹ Este valor é aproximado quando comparado com uma janela, com vidro simples (classe F) e é assumido que o edifício (casa) é climatizado.

Note-se, que a etiqueta energética das janelas permite ao consumidor comparar as soluções que existem no mercado mediante a simples verificação da classe de desempenho energético, que vai da "A" (mais eficiente) até "G" (menos eficiente) (ver Quadro 5). A atribuição da classe resulta da avaliação do desempenho térmico da janela, traduz a melhor ou pior capacidade por parte desta, por um lado de reduzir as perdas térmicas no inverno por outro minimizar o sobreaquecimento no verão. No Quadro 6, apresenta-se a etiqueta energética com a descrição da informação constante na mesma.

Quadro 6: Descrição da etiqueta energética de janelas SEEP

Fonte: [adaptado de ADENE -Etiquetagem energética de janelas, (2013)]

<p>Identificação do Produto – Onde consta o Fabricante, Referência do modelo e do produto, tipo de produto e ainda o número único do produto.</p>	 <p>SEEP SISTEMA DE ETIQUETAGEM ENERGÉTICA DE PRODUTOS MARCA MODELO JANELAS JA11002500453425</p>										
<p>Desempenho Energético do Produto – Nesta parte mostra as 7 classes energéticas de A a G, existe ainda a possibilidade de expansão para produtos mais eficiente como (A++), pode-se ainda observar o total de energia expresso em KWh/m².mês que neste caso é de 14,7. Para além disso existe ainda a possibilidade de acomodação de indicadores para a época de verão e inverno.</p>	 <p>DESEMPENHO ENERGÉTICO 14,7 (kWh/m².mês)</p>										
<p>Parâmetros de cálculo obrigatórios – Onde consta:</p> <ul style="list-style-type: none"> – O coeficiente de transmissão térmica de janela (U_w); – O Fator solar (g); – A Classe de permeabilidade ao ar; <p>Esta parte conta ainda com informação adicional como a transmissão luminosa, o índice de atenuação acústica (R_w) e a zona climática.</p>	<p>PARÂMETROS DE CÁLCULO</p> <table border="1"> <tr><td>Coeficiente de transmissão térmica de janela (U_w)</td><td>1,36 W/m².K</td></tr> <tr><td>Fator solar de vidro (g)</td><td>0,62</td></tr> <tr><td>Classe de permeabilidade ao ar</td><td>A4</td></tr> </table> <p>INFORMAÇÃO ADICIONAL</p> <table border="1"> <tr><td>Transmissão luminosa</td><td>40,3 %</td></tr> <tr><td>Índice de atenuação acústica da janela (R_w)</td><td>33 dB</td></tr> </table> <p>ZONA CLIMÁTICA PT</p>	Coeficiente de transmissão térmica de janela (U_w)	1,36 W/m ² .K	Fator solar de vidro (g)	0,62	Classe de permeabilidade ao ar	A4	Transmissão luminosa	40,3 %	Índice de atenuação acústica da janela (R_w)	33 dB
Coeficiente de transmissão térmica de janela (U_w)	1,36 W/m ² .K										
Fator solar de vidro (g)	0,62										
Classe de permeabilidade ao ar	A4										
Transmissão luminosa	40,3 %										
Índice de atenuação acústica da janela (R_w)	33 dB										
<p>QR Code: Permite a recolha de informação adicional sobre o produto através desta função informática.</p>	<p>O valor de desempenho energético é determinado para condições de referência. Os consumos reais de energia indicados poderão variar em função do local, da instalação e do comportamento das utilizações. Para saber mais sobre esta janela, consulte o seu respetivo número</p> 										

De acordo com ADENE (2013) para obter a classificação energética são necessários os parâmetros técnicos obtidos através da marcação CE, nomeadamente, os parâmetros de cálculo que serviram para determinação do desempenho energético (U_w) e ainda pelos seguintes dados complementares relacionados com as características técnicas do vidro: Fator solar do vidro (g) como também da permeabilidade ao ar. A Norma ISO 18292 de 2011 trata da metodologia de cálculo que determina as necessidades de aquecimento e arrefecimento, que tem por base o clima e as características do edifício. Para além da etiqueta em grande formato fornecida com a janela como o exemplo apresentado

anteriormente, a janela também incluirá uma etiqueta que está incorporada no produto de forma permanente. Esta solução permite a rastreabilidade da janela durante o seu tempo útil de vida, (ver figura 20) (ADENE, 2013). Esta etiqueta apresenta a seguinte informação: Número único do produto; Classe energética; Tipo de produto; QR code e etiqueta NFC tag (ver figura 20).



Figura 20: Etiqueta de registo incorporada na janela

Fonte: [adaptado de ADENE –Etiquetagem energética de janelas, 2013)]

A adoção deste sistema, permite obter por parte dos vários atores a seguinte informação (ADENE, 2013):

- Para o cliente final – Obtenção de informação adicional sobre o produto;
- Para o fabricante/instalador – Manutenção ou substituição do produto;
- Para o perito qualificado – Obtenção de dados reais e adequados acerca das características do produto aquando da certificação energética de edifícios;
- Para o sistema – Distribuição geográfica ou outra informação estatística.

Na Figura 21 mostra-se a organização e interação entre as várias entidades que compreendem o SEEP, estando dividido por: Setor, Controlo de Qualidade, Ligação entre Sistemas, Gestão e Promoção do Sistema, Cliente Final.

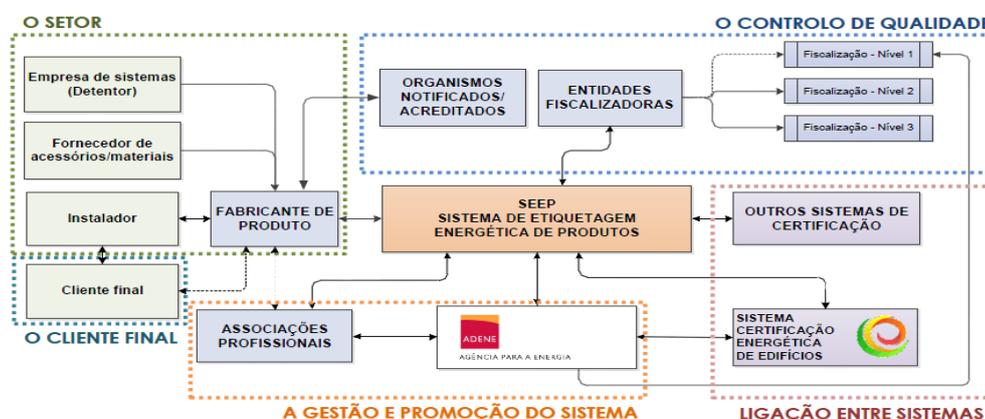


Figura 21: Organização por setor do SEEP

Fonte: [adaptado de ADENE – Etiquetagem energética de janelas, 2013)]

IV.3 – Janelas com medidas standardizadas. Caso Francês

Para além da etiqueta energética das janelas existe outro desafio ou medida que visa a eficiência na construção e conseqüente sustentabilidade do setor, no que concerne à gestão e organização de processos construtivos no âmbito das janelas, que é a standardização de dimensões de janelas, sendo aqui apresentado o caso Francês.

Segundo, o guia independente de janelas de França (guide de la fenêtre, 2013), 90% das janelas vendidas em França são fabricadas em série, com dimensões standardizadas, pois para além de ser a solução mais barata, a disponibilidade em lojas da especialidade é grande e os prazos de entrega é pequeno, existe ainda possibilidade por parte do cliente escolher as janelas por catálogo de saber o preço da janela de acordo com a sua dimensão e material constituinte (vidro e caixilho) e ainda, a sua eficiência.

No entanto, o fabrico de janelas em França pode ser feito de duas formas, em série, ou seja, com dimensões padrão/standardizadas onde existe uma grande variedade de tamanhos pré-estabelecidos, ou então, podem ser personalizadas com medidas fornecidas pelo cliente, esta última solução ficando mais cara (guide de la fenêtre, 2013).

No quadro 7, apresenta-se o referido anteriormente, onde se pode escolher a janela e de acordo com a dimensão e preço. O cliente pode assim ficar a saber o valor a pagar (Lapeyre, 2012).

Quadro 7: Quadro com medidas de janelas standardizadas e respetivo preço
Fonte: [adaptado de catálogo Lapeyre Fenêtres PVC madeira (2012, p.109)]

Largura Quadro		80	90	100	110	120	140	180	240
Largura Total		87,2	97,2	107,2	117,2	127,2	147,2	187,2	247,2
Altura Quadro	Altura Total	2 folhas						3 folhas	4 folhas
60	63,5	227€	239€	195€	269€	294€	296€	-	-
75	78,5	229€	265€	199€	259€	219€	255€	-	-
95	98,5	215€	212€	234€	249€	229€	265€	-	-
105	108,5	229€	237€	219€	259€	229€	289€	-	-
115	118,5	218€	227€	169€	233€	199€	275€	445€	619€
125	128,5	248€	232€	189€	259€	209€	315€	-	-
135	138,5	258€	249€	209€	264€	235€	325€	495€	634€
145	148,5	262€	249€	255€	289€	312€	355€	-	-
155	158,5	259€	262€	274€	325€	332€	385€	-	-
165	168,5	289€	281€	289€	339€	352€	395€	-	-

Nas Figuras 22 e 23 apresenta-se uma janela francesa em madeira com medidas estandardizadas com uma dimensão 75x60 cm. A janela é executada em madeira de carvalho proveniente de florestas certificadas pelo sistema PEFC– Programme for the Endorsement of Forest Certification (Programa para o Reconhecimento da Certificação Florestal), o vidro é duplo sendo preenchido com gás árgon. O preço desta janela é de 145 euros e tem uma garantia de 20 anos (Lapeyre, 2012, p.106 e 110).



Figura 22: Janela francesa em madeira com medidas estandardizadas



Figura 23: Base de apoio da janela, a); união dos perfis, b); etiqueta que acompanha a janela, c)

O Gestor Orlando Sampaio da empresa Sapa (Empresa detentora de sistemas de alumínio), mostra através do seguinte exemplo os benefícios e a importância, na adoção estandardização, tanto para o sector da construção civil, como também, para o sector das caixilharias (Sampaio, 2010):

“...Construção nova mais simples e eficiente de preferência fazer standarização...”, dando como exemplo “...uma obra com 200 janelas, não tenho nenhuma igual e se tenho uma igual é por acaso, quando estou a fabricar não consigo produzir 200 janelas de uma vez. Eu tenho que produzir uma a uma com diferentes medidas de vidro com diferentes medidas de alumínio, em termos de aplicação, têm uma coisa fantástica que é identificar vão a vão onde vou colocar a minha janela numa obra com 200 janelas, tenho que fazer uma repartição onde o custo hora homem são gigantes, conseguimos tornar mais barato se estandardizamos e repetir com rigor a construção (...)”

Após o referido anteriormente, nos seguintes pontos apresenta-se as vantagens da adoção de janelas com medidas estandardizadas. Esta solução, como se vai poder ver permite a racionalização na construção civil em toda a sua dimensão.

IV.3.1 – Vantagens das janelas com medidas standardizadas

- Normalização das caixilharias de construção pela redução da variedade, de tipos e dimensões;
- Otimização das dimensões com redução no número de formatos dos componentes construtivos (Santos et al., 2007);
- Padronização dos detalhes e ainda precisão dimensional (Santos et al., 2007);
- Aumento da produtividade na produção e na montagem (Santos et al., 2007);
- Menores possibilidades de erros no fabrico de janelas;
- Simplificação de processos;
- Permite ter um melhor planeamento organizacional e humano;
- Preço e características técnicas das janelas esclarecedoras para o cliente;
- Maior controlo da qualidade do produto;
- Uma melhor gestão e coordenação de recursos humanos;
- Produto final, a um menor custo para o cliente;
- Anula-se a etapa de ida à obra para levantamento dimensional dos vãos, para posteriormente execução das janelas;
- Condicionamento dimensional de elementos tais como, soleiras, estores, portadas.

No Anexo VII pode-se observar soleiras, persianas e janelas com medidas standardizadas que são comercializadas em França.

IV.3.2 – Vantagens das janelas com medidas standardizadas no âmbito de projeto

Resumem-se a seguir, as vantagens na fase de projeto, no uso de medidas standardizadas de janelas:

- A simplificação da elaboração do projeto e de etapas, já que estabelece uma limitação às medidas aplicáveis à caixilharia e ao projeto como um todo, além de facilitar e flexibilizar a combinação dessas medidas (Santos et al., 2007);

- Ganhos de tempo na execução e pormenorização em projeto;
- Padronização dos detalhes e precisão dimensional (Santos et al., 2007);
- Facilidade no âmbito de projeto na seleção de outros elementos que constitui o vão com medidas padronizadas como seja, soleiras, estores, portadas, elementos decorativos e de guarnecimento;
- Escolha das janelas de acordo com as suas características técnicas que têm influência nos gastos de energia para arrefecimento e aquecimento;
- Possibilidade de saber os custos totais, das janelas de forma rápida de acordo com as soluções pretendidas na fase inicial do projeto ou ainda de outros elementos que compreende o vão, nomeadamente, soleiras, estores etc;
- Possibilidade de conjugação de outros elementos standardizados tais como: soleiras, portadas, estores, guarda corpos, elementos decorativos (cortinados);
- Permite saber com maior rigor os custos unitários na execução de obra.

IV.3.3– Vantagens das janelas com medidas standardizadas na fase de construção

Resumem-se a seguir, as vantagens em fase de construção do uso de medidas standardizadas:

- Rigor na execução da obra (dimensão do vão);
- Redução de problemas de interface entre componentes e subsistemas (Santos et al., 2007);
- Racionalização e simplificação na execução da obra, autonomia e redução de etapas de execução e da montagem de componentes;
- Controle eficiente de custos (diminuição dos custos da obra);
- Aumento do rendimento na produção e montagem;
- Diminuição de erros de execução.

Capítulo V – Mecanismos de transferência de calor em janelas

A classificação energética de envidraçados está relacionado com a avaliação da eficiência energética do envidraçado, que corresponde ao balanço energético do mesmo que se traduz em termos globais, nos ganhos provenientes do exterior diminuídos das perdas de calor para o exterior. De acordo com Martins (2009, p.75) os valores que satisfazem o nível de eficiência, correspondem ao somatório dos ganhos solares e das perdas térmicas, permitidas através do envidraçado, dos seus materiais vidro e caixilho e ainda pelas perdas de calor resultantes das infiltrações de ar através da caixilharia.

V.1 – Perdas térmicas através dos envidraçados

Para Rebelo (2009, p.21), as perdas térmicas através do envidraçado, vidro e caixilho, surgem na medida da diferença de temperatura entre o interior e o exterior do edifício, afirmando que, quando existe uma diferença de temperaturas interior e exterior, o calor flui pelos elementos constituintes da janela (caixilho e vidro) decorrentes da troca de calor que existe entre duas superfícies de cada elemento.

Segundo, Sirgado (2010, p.5) o fluxo ou trocas de calor que se verifica numa janela, que é o elemento de fronteira entre o exterior do edifício e o interior do compartimento está sujeita a uma diferença de temperaturas que nestas condições implica uma transferência de calor com sentido da zona quente para a zona fria.

Os três mecanismos distintos de troca de calor de uma superfície fazem-se segundo três modos de propagação, que são: condução, convecção e radiação (Sirgado, 2010, p.5). Na Figura 24, estão representadas essas trocas de calor numa janela.

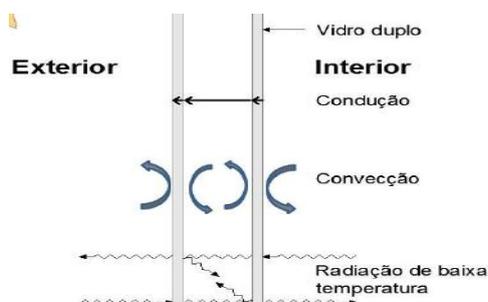


Figura 24: Trocas de calor numa janela (condução, convecção e radiação)

Fonte: [adaptado de Sirgado (2010, p.6)]

V.1.2 – Trocas de calor por condução

A transmissão de calor por condução ocorre de um ponto de um corpo para outro, ou de um corpo para outro em contacto com ele onde exista contacto físico (Mendes, 2012, p.29). Matias (2001, p.18) refere, que a forma de transmissão de calor está associada à energia interna da matéria, ou seja, à energia correspondente ao estado físico-químico do corpo, e a movimentos das moléculas ou átomos dentro do mesmo.

De acordo com Martins (2009, p.77) “ No caso concreto da janela, a transferência de calor por condução processa-se através do fluxo de calor dos materiais que constitui a janela, ou seja entre as duas faces (interior e exterior) do vidro e do caixilho, das zona mais quentes para as zonas mais frias, podendo ser um ganho ou uma perda consoante as temperaturas exteriores e interiores”.

Segundo, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC, 2006, p.2) a maior ou menor condutividade dos materiais são determinados pelo seu λ expresso em $[W/(m^{\circ}K)]$ ou $[W/(m.^{\circ}C)]$, que representa a quantidade de calor que atravessa um material, quando entre duas faces planas e paralelas se estabelece uma diferença unitária de temperatura. Assim sendo, quanto maior for o λ , maior é a condutividade do material (ex. aço e alumínio) e menos isolante será (Deleme, sd.). Na Figura 25, pode-se ver a condutividade de alguns materiais, iniciando-se nos mais isolantes terminando nos menos isolantes ou bom condutores.

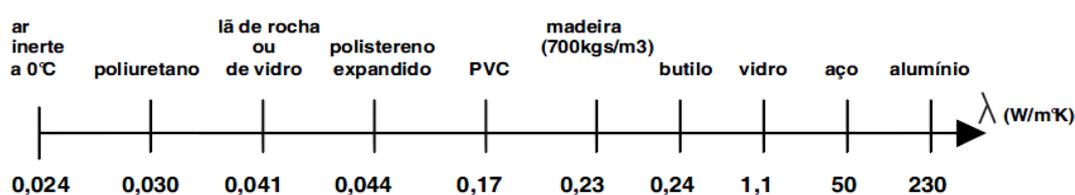


Figura 25: Condutividade de vários materiais

Fonte: [Deleme janelas –Guia térmico (sd.)]

V.1.3 – Trocas de calor por convecção

A convecção corresponde à transferência de calor entre a superfície de um sólido e um fluido, líquido ou gasoso, traduz-se assim no transporte de energia pelas partículas do fluido em movimento, (Saint-Gobain Glass, sd.).

Sirgado (2010, p.7) refere que as trocas na convecção são de dois tipos, convecção forçada, que sucede quando existe uma diferença de pressão que ocorre por uma causa externa dando como exemplo o vento ou ainda quando se utiliza um ventilador, já a convecção natural, acontece quando ocorre diferença de pressão que é causada por um gradiente térmico, dando como exemplo, o caso de radiador de aquecimento, que provoca uma corrente de ar na sua direção, que após o contacto com aquele o ar vai ascender.

No entanto, ao nível dos envidraçados a convecção acontece em três partes distintas, de acordo com Sirgado (2010, p.7) “ (...) junto às faces interior e exterior do vidro e, em vãos com mais do que um pano de vidro, no espaço que os separa (...) e ainda no interior, a face do vidro que se encontra a uma temperatura mais reduzida arrefece o ar que se encontra adjacente a esta, fazendo com que o ar desça (...) ”. O exposto anteriormente referente à convecção pode ser observado pela Figura 24.

Também para Martins (2009, p.77) e sobre a convecção é referido que “ No caso particular do envidraçado, este processo pode ocorrer pela passagem do vento ou pela corrente de ar (induzida pela diferença de temperatura) junto das faces externa e interna do vidro ou da caixilharia (...) constituindo uma perda energética”.

V.1.4 – Trocas de calor por radiação

A transmissão por radiação (Figura 24), consiste na permuta de radiação entre dois corpos que se encontram a temperaturas diferentes.

De acordo com Mendes (2011, p.7) na radiação o transporte é feito por ondas electro-magnéticas e ao contrário do transporte molecular, não necessita de um meio material para transferir o calor, assim sendo, “ (...) o transporte por radiação através de meios materiais, sejam fluidos ou sólidos, só é possível quando tais meios sejam total ou parcialmente transparentes ou permeáveis ao tipo de radiação em causa (...) ”.

O mesmo autor (Mendes, 2011, p.13) refere ainda, que a radiação é uma forma de transporte de calor comum a todos os corpos e que se realiza através de ondas eletromagnéticas. Também Agrela (2011, p.4) indica que a radiação são ondas de origem elétrica ou magnética e são emitidas pelos corpos quentes.

O mesmo autor ainda advoga, que a emissividade é uma característica superficial dos corpos, e quanto mais baixa for, menor é a transferência de calor por radiação.

V.2 – Coeficiente de transmissão Térmica de uma janela

O coeficiente global de transmissão térmica (U_w) caracteriza a troca de calor por condução, convecção ou radiação que existe entre duas superfícies de um elemento.

Para quantificar este fluxo de calor que ocorre ao nível de uma janela é necessário calcular o coeficiente de transmissão térmica (U) que é expresso $W/m^2 \cdot ^\circ C$ (ITeCons, 2010). A definição de coeficiente de transmissão térmica pode ser entendida da seguinte forma: representa o fluxo de calor por hora (em watt) por metro quadrado de janela para uma diferença de temperatura de $1^\circ C$ entre o interior e o exterior (Saint-Gobain Glass, sd.).

Rebello (2009, p.21) indica que a forma como a transferência de calor ocorre depende dos coeficientes de transmissão do material que constitui a caixilharia e do tipo de vidro. Também o Grupo Sosoares (sd.) indica, que quanto menor for o coeficiente de transmissão térmica do caixilho (U_w), maior vai ser o isolamento térmico, implicando assim menores gastos de energia, podendo-se assim obter um edifício com classe energética elevada.

Para o cálculo do coeficiente de transmissão térmica de uma janela (sem dispositivos de proteção ativos), U_w , pode ser determinado através da expressão (ISO 10077-1:2006) de acordo com a seguinte formula de cálculo [1], (ITeCons, 2010):

$$U_w = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_f U_f + \sum l_g \psi_g}{\sum A_f + \sum A_g} = \left(W / m^2 \cdot ^\circ C \right) \quad [1]$$

sendo:

A_g – Área envidraçada da janela (m^2);

U_g – Coeficiente de transmissão térmica do vidro ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);

A_f – Área de caixilho da janela, em m^2 ;

U_f – Coeficiente de transmissão térmica do perfil de caixilharia, em ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);

ψ – Coeficiente de transmissão térmica linear devido à ligação entre caixilho e vidro, ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);

l_g – Perímetro de envidraçado visível da janela/porta, em (m);

A_w – Área total da janela, em (m^2).

Capítulo VI – Tecnologia aplicada aos vãos envidraçados

A tecnologia que atualmente se utiliza no fabrico de janelas, é bastante vasta e tem sofrido ao longo dos últimos anos avanços tecnológicos quer seja no material dos vidros como das caixilharias. Efetivamente, esse avanço tecnológico deveu-se em grande parte à entrada de nova regulamentação no sector das janelas e ainda na térmica e acústica de edifícios, para o qual têm que satisfazer os respetivos regulamentos.

A conjugação e o conhecimento das várias tipologias permite obter janelas com classes e nível de eficiência diferentes, sendo por isso indispensável conhecer os vários materiais e soluções que o mercado oferece, porque assim é possível conseguir a melhor solução de acordo com as especificações dos edifícios que influenciam o seu comportamento térmico.

Neste capítulo, serão enunciados as principais características técnicas e componentes de vãos envidraçados, que compreende o vidro, caixilho e meios de sombreamento. Inicialmente é apresentado o vidro, onde se apresenta a sua composição, os possíveis tipos e suas características térmicas, onde é apresentado o coeficiente de transmissão térmica (U_w) das várias soluções de vidros.

VI.1 – Vão envidraçado

O termo “vão” corresponde a abertura na envolvente na vertical, sendo constituído pelas ombreiras que são as partes laterais onde assenta o lintel na parte superior horizontal, e ainda por peitoril e soleira que corresponde à parte horizontal inferior onde assenta o caixilharia ou porta (ver Figura 26) (Santos, 2012, p.11). Assim, o termo “envidraçado” define-se como uma composição de um sistema de caixilho e vidro, no qual fecha o vão, sendo que os dois termos dão assim origem à designação de vão envidraçado.

Segundo, Santos (2012, p.12) a caixilharia, por sua vez, é constituída por vários elementos e componentes, que variam de acordo com o tipo de material e tipologia utilizada. Porém podem-se considerar-se como elementos base constituintes de uma caixilharia, o aro fixo, folha(s) que podem ser fixas ou móveis, o(s) vidro(s), os bites, as

ferragens (dobradiças, mecanismos de fecho) e as borrachas de selagem (Figura 26, b) (Santos, 2012, p.12).

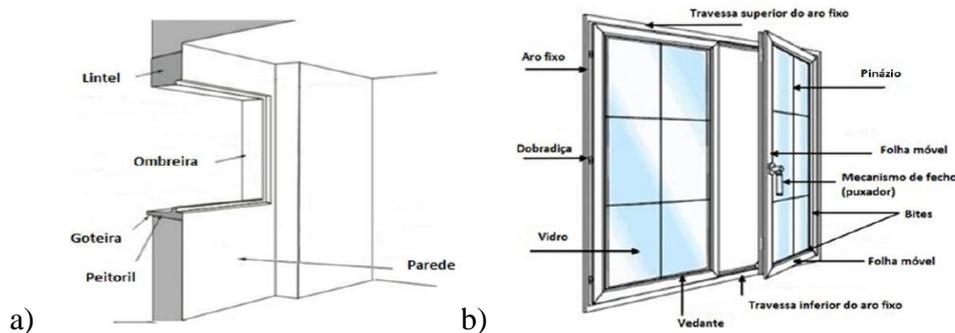


Figura 26: Elementos que constituem um vão, a); elementos e componentes de uma caixilharia, b)

Fonte: [Santos, 2012, p.12]

VI.2 – O Vidro

O vidro é o elemento que constitui em termos genéricos o elemento transparente ou translúcido de um vão envidraçado (Mendes, 2011). Os vidros silico-sodo-cálcicos (vidro comum) utilizados em construção integram na sua composição (Saint Gobain Glass, sd;c):

- Um corpo vitrificante, a sílica, introduzida na forma de areia (70 a 72 %);
- Um fundente, a soda, na forma de carbonato e sulfato (cerca de 14 %);
- Um estabilizante, a cal, na forma de calcário (cerca de 10 %);
- Diversos outros óxidos por exemplo de Alumina ou de Magnésio, melhoradores das propriedades físicas do vidro, em particular a resistência aos agentes atmosféricos.

O vidro apresenta importantes características espectrofotométricas porque está sujeito à radiação que incide sobre a janela, onde uma parte é refletida, outra parte é absorvida pelo vidro e uma terceira é transmitida, sendo que parte da energia absorvida é reemitida para o interior (Martins 2009, p.23).

Por sua vez, a radiação solar é composta por raios solares, no qual, 3% são raios ultravioletas (UV), 55% de infravermelhos (IR) e 42% de luz visível. Estas três partes da radiação correspondem a três faixas de comprimento de onda diferentes (Saint Gobain Glass. sd; c). Deste modo, Martins (2009, p.24) especifica que espectro da

radiação solar é composto por raios ultravioletas (ou UV), infravermelhos e luz visível. Todavia, são os raios infravermelhos os responsáveis pelo calor.

Uma das principais funções de um vidro (simples, duplo ou triplo) é a eficácia energética. Assim, para analisar um envidraçado do ponto de vista da eficiência energética, deve-se observar como se comporta à energia solar quando esta o atravessa (Vitro, sd.). Neste aspeto é indispensável entender os conceitos, como a radiação energética e radiação luminosa (Vitro, s.d.):

- A radiação energética – constitui todo o fluxo de energia solar incidente sobre um objeto. No caso do vidro são definidas três partes principais: A energia que atravessa o envidraçado, a que é refletida e a que é absorvida pelo próprio vidro (Vitro, sd.).
- A radiação luminosa – de qualquer vidro em geral é a capacidade para filtrar a luz solar, que também pode ser dividida entre a quantidade de luz que atravessa um envidraçado e a luz que é refletida pelo mesmo (Vitro, sd.).

VI.2.2 – Os Fatores luminosos do vidro

Os fatores luminosos do vidro, que normalmente se utilizam são (Saint Gobain Glass, sd; a):

- Transmissão luminosa (τ_v) – É a percentagem do fluxo luminoso transmitido diretamente através do vidro;
- Reflexão luminosa (ρ_v) – É a percentagem da luz visível, com origem na radiação solar, refletida pelo vidro;
- Transmissão de ultravioletas (τ_{uv}) – Percentagem do fluxo de raios UV (ultravioleta) transmitidos diretamente através do vidro.

VI.2.3 – Os Fatores energéticos do vidro

Os fatores energéticos do vidro que normalmente se utilizam são (Saint Gobain Glass, s.d; a):

- Transmissão energética (τ_e) – É a percentagem do fluxo de energia solar transmitida diretamente através do vidro;

- Absorção energética (α_e) – É a percentagem de energia absorvida pelo vidro que provoca o seu aquecimento. Esta grandeza permite determinar os riscos de rotura por choque térmico e avaliar a necessidade de temperar o vidro;
- Reflexão energética ($\rho_e^{12\text{ext}}$ e ρ_e^{int}) – É a percentagem da energia, com origem no conjunto das radiações solares, refletida pelo vidro para o exterior e interior;
- O Factor Solar (g) – Corresponde à soma do fator de transmissão direta da energia solar com o fator de transmissão secundária de calor do envidraçado relativamente ao interior ($g = \tau_e + \alpha_{ei}$). Este último é o resultado da transmissão de calor por convecção e por radiação da energia que tinha sido previamente absorvida pelo envidraçado (Ramalheira, 2005) (ver Figura 27).
- Coeficiente de sombra (CS) – Corresponde ao coeficiente utilizado nalguns países em substituição do factor solar. O coeficiente de Sombra obtém-se dividindo o factor solar (g) por 0,87. Para o vidro transparente com 3 mm de espessura é igual a 1.

Ramalheira (2005) indica a importância do fator solar, pois é determinante do ponto de vista de projeto da envolvente dos espaços, já que é este que dita qual a quantidade de radiação solar que chega ao interior. Segundo, Rebelo (2009) o fator solar do vidro é calculado segundo a norma NP EN 410: 2000.

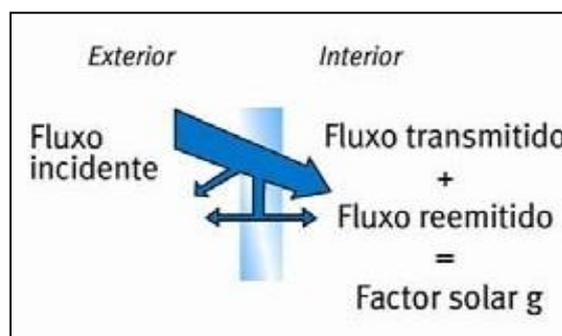


Figura 27: Comportamento térmico do vidro à transferência de calor por radiação

Fonte: Saint-Gobain Glass – O vidro e a radiação solar (s.d;b)

¹² Nota: No vidro duplo com a referência (ρ_e^{ext}), refere-se ao vidro que se encontra na parte exterior, já a referência (ρ_e^{int}), refere-se ao vidro que se encontra na parte em contacto com o interior do compartimento.

Rebello (2009, p.22) refere que factor solar “constitui uma medida da fração da energia solar que na verdade atravessa para o interior dos compartimentos e é variável com o ângulo de incidência solar, condições externas de convecção natural, velocidade do vento e espessura do vidro”.

No Quadro 8, são apresentados alguns tipos de vidro (simples, duplo, duplo com gás árgon e duplo de baixa emissividade e controlo solar com gás árgon), onde se faz uma breve descrição e comparação. Note-se, que os vidros diferem tanto no desempenho luminoso como energético, podendo-se assim fazer-se uma comparação.

Quadro 8: Tabela com 4 tipos de vidro com desempenho luminoso e energético diferentes

Fonte: [Saint-Gobain Glass sd; e, f, g, h]

Vidro	Descrição	Desempenho					
		Luminoso (%)		Energético (%)			
Vidro Simples 6 (mm) (*) (Saint-Gobain Glass sd.e)	Chapa de vidro incolor, transparente nas duas faces, com espessuras variáveis.	τ_v	89	τ_e	79		
		$\rho V \text{ ext.}$	8	ρe	7		
		$\rho V \text{ int.}$	8	α_e	7		
		τ_{uv}	53	g	17		
					CS	0,95	
				U	5,7		
Observações	O vidro simples apresenta uma elevada % de transmissão energética, luminosa bem como de perdas térmicas.						
Vidro Duplo 4-12-4 20(mm) (Ar)(*) (Saint-Gobain Glass sd.f)	Este vidro duplo é constituído por dois vidros separados por um espaço hermeticamente preenchido com ar desidratado	τ_v	81	τ_e	70	g	0,76
		$\rho V \text{ ext.}$	15	ρe	13	CS	0,87
		$\rho V \text{ int.}$	15	$\alpha_e 1$	10	U	2,9
		τ_{uv}	44	$\alpha_e 2$	7		
Observações	O vidro duplo apresentado tem uma significativa % de transmissão energética e luminosa bem como de perdas térmicas, no entanto tem um melhor desempenho que vidro simples.						
Vidro Duplo (Baixa emissividade) 4-12-4 20(mm) (Árgon)(*) (Saint-Gobain Glass sd.g)	Este vidro duplo é constituído por dois vidros separados por um espaço hermeticamente preenchido com ar desidratado com 90% com gás árgon	τ_v	80	τ_e	53	g	0,63
		$\rho V \text{ ext.}$	12	ρe	23	CS	0,73
		$\rho V \text{ int.}$	12	$\alpha_e 1$	12	U ar	1,7
		τ_{uv}	31	$\alpha_e 2$	12	U árgon	1,4
Observações	O vidro duplo preenchido com gás árgon apresenta uma reduzida % de transmissão energética, luminosa e de perdas térmicas que o vidro duplo/simples.						
Vidro Duplo (Baixa emissividade e controlo solar) 4-16-4 24(mm) (ar e Árgon)(*) (Saint-Gobain Glass sd.h)	É constituído por duas lâminas de vidro de espessura variável, separadas e isoladas por um perfil, criando uma caixa-de-ar preenchida com 90% com gás árgon	τ_v	71	τ_e	39	g	0,42
		$\rho V \text{ ext.}$	12	ρe	33	CS	0,48
		$\rho V \text{ int.}$	13	$\alpha_e 1$	26	U ar	1,4
		τ_{uv}	12	$\alpha_e 2$	2	Uv árgon	1,1
Observações	Este tipo de vidro é possível reduzir para metade a transmissão energética, luminosa e de perdas térmicas, quando comparado com o vidro duplo (ar).						

* Nota– As tabelas de cada vidro apresentado neste quadro, encontram-se no ANEXO V.

VI.3 – Tipos de vidros

O vidro ao longo dos anos tem sofrido grandes evoluções tecnológicas, esse facto deve-se em grande parte ao objetivo de melhorar o desempenho dos edifícios e ainda como incremento à segurança. Assim sendo, nesta parte serão apresentados vários tipos de vidro existentes no mercado.

VI.3.1 – Vidro simples

É composto por uma única lâmina de vidro de espessura variável entre 2,0 (mm) e 19 mm. Para o vidro de 6 mm, este permite perdas térmicas muito significativas (Saint Gobain Glass, sd.).

VI.3.2 – Vidro armado

O vidro armado, é um vidro sodo-cálcico que tem uma malha ou filamentos de aço na camada interior, introduzida aquela durante o processo de fabrico. Este tipo de vidro permite obter segurança contra intrusão ou choque. Este vidro, geralmente é fabricado nas espessuras nominais de 6mm a 10mm (Mendes, 2011).

VI.3.3 – Vidro laminado

Este tipo de vidro formado pela união de duas ou mais folhas de vidro unidas por uma camada de polivinil butiral ou uma resina, quando submetidas a um processo de calor e pressão (Guardian Sunguard, 2010). O vidro laminado atende às exigências de isolamento sonoro e térmico (quando associado a um vidro refletivo) e de segurança em caso de quebra, os seus fragmentos ficam aderentes à camada de plástico oferecendo assim maior segurança ao impacte (Mendes, 2011).

VI.3.4 – Vidro temperado

O vidro temperado é aproximadamente quatro vezes mais forte do que o vidro normal com a mesma espessura e configuração, uma das características deste tipo de vidro é a de no caso de partir, formar fragmentos relativamente pequenos, que oferecem menos perigo, logo, é considerado um vidro de segurança pois diminui assim a ocorrência de ferimentos graves (Guardian Sunguard, 2010, p.7).

VI.3.5 – Vidro de autolimpeza

O vidro de autolimpeza, é como o vidro comum, só que encontra-se revestido na face exterior com uma capa foto catalítica, hidrófila e transparente apresentando ainda uma excelente resistência (Saint Gobain Glass, sd.a).

A autolimpeza funciona por ação conjunta de dois fenómenos naturais como a incidência da luz solar (Raios UV) e por ação da água (ex. chuva). A ação dos raios UV provoca na capa a decomposição das partículas de sujidade de natureza orgânica ou poeiras pelo processo de hidrofília à superfície, sendo finalizada a limpeza por ação da água (por ex. da chuva) por deslizamento que promove a eliminação dos resíduos depositados no vidro (Saint Gobain Glass, sd.d). Note-se que este tipo de vidro permite uma redução da frequência de limpeza por meios humanos, conseguindo-se assim uma diminuição de custos de manutenção com a limpeza, para além de se reduzir na utilização de detergentes, conseguindo-se através das vantagens anteriormente anunciadas ganhos ambientais (Saint Gobain Glass, sd.d).

VI.3.6 – Vidro de isolamento térmico

Este tipo de vidro (Figura 28) corresponde a um sistema composto por duas ou mais lâminas de vidro (ex. vidro duplo ou triplo) de espessura variável, intercaladas e isoladas por um perfil de alumínio, criando assim, uma câmara-de-ar hermética, que pode ser preenchida por ar desidratado ou por um gás como o argón e kriptón, conseguindo-se assim um melhor desempenho térmico do vidro com a utilização destes gases, (Ramalheira, 2005). O referido anteriormente pode ser constatado através da consulta do Quadro 8, onde o vidro duplo preenchido com ar, apresenta um U de 2,9 W/(m².k), enquanto o vidro preenchido com gás argón o seu valor U passa para cerca de metade, 1,4 W/(m².k), verificando-se assim uma assinalável melhoria de desempenho energético do vidro.



Figura 28: Corte de um vidro duplo

Fonte: [adotado de Guardian Sunguard- Manual Técnico, p.8, (2010)]

Outra característica a realçar, é que devido à câmara-de-ar, o vidro interior não está em contacto direto com o exterior na época do tempo frio (inverno), mantendo assim a sua temperatura muito próxima do interior do edifício, proporcionado por um lado, um maior conforto interior, como também permite uma redução de incidência de condensações (Mendes, 2011).

Mendes (2011, p.25) advoga ainda, que este tipo de vidro permite uma diminuição ou redução de trocas de calor por condução, convecção e radiação, diminuindo assim gastos de energia para aquecimento e arrefecimento interior do edifício.

VI.3.7 – Vidro de baixa emissividade

O vidro de baixa emissividade, apresenta um revestimento baixo-emissivo que permite a redução da entrada direta de energia solar, refletindo a energia infravermelha de ondas longas (calor), conseguindo, assim, a redução do valor de U e ainda do fator solar (g).

Sirgado (2010, p.21) afirma que este tipo de vidro permite a passagem da radiação solar com pequeno comprimento de onda permitindo o aquecimento interior do compartimento, por outro lado, restringe a passagem da radiação solar com grande comprimento de onda. Para além disso, este tipo de vidro impede que o calor saia para o exterior, que no inverno é bastante útil, visto ter maior capacidade de retenção de calor no interior das habitações, conseguindo-se assim uma redução nas necessidades de energia para aquecimento (Sirgado, 2010).

Já Mendes (2011, p.26) indica que o processo de tratamento para obter esta característica é realizado por deposição na superfície do vidro simples de uma película metálica de baixa emissividade de forma a reduzir a transferência de calor, sendo essa película geralmente transparente.

Pela consulta do Quadro 8, é possível verificar que o valor U deste tipo de vidro é de $1.4 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{k})$ e o fator solar(g) de 0,42, apresentando assim valores cerca de metade comparativamente com o vidro duplo normal que apresenta um U de $2,9 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{k})$ e um fator solar de 0,76.

VI.3.8 – Gases que melhoram as propriedades térmicas dos vidros

O vidro de isolamento térmico (vidro duplo ou triplo) integra geralmente uma câmara-de-ar que está selada hermeticamente, que é composta pelos seguintes gases, oxigénio e azoto (Agrela, 2011, p.13). Todavia, de forma a melhorar o desempenho térmico são usados gases nobres não reativos, nomeadamente, o argón, o cripton e o xénon (Mendes, 2011, p.27).

As propriedades físicas destes gases como, a densidade, a viscosidade dinâmica, a condutividade e capacidade calorífica, podem ser observadas no Quadro 9. Note-se, que estes gases são mais densos e mais viscosos que o ar, logo, conferem propriedades de mau condutor e por outro lado têm uma menor capacidade calorífica.

Quadro 9: Propriedades físicas dos gases isolantes aplicados entre vidros

Fonte: [adotado de Mendes, 2011, p.28]

Gás	Ar *	Árgon*	Crípton*	Xénon*
Densidade ρ (kg/m ³)	1,232	1,699	3,560	5,689
Viscosidade dinâmica μ (kg/m.s)	$1,761 \times 10^{-5}$	$2,164 \times 10^{-5}$	$2,400 \times 10^{-5}$	$2,226 \times 10^{-5}$
Condutibilidade λ (W/m.K)	$2,496 \times 10^{-2}$	$1,648 \times 10^{-2}$	$0,900 \times 10^{-2}$	$0,529 \times 10^{-2}$
Capacidade calorífica específica c (J/kg.K)	$1,008 \times 10^3$	$0,519 \times 10^3$	$0,245 \times 10^3$	$0,161 \times 10^3$

(*) Todos os gases encontram-se à temperatura de 10°C.

Na verdade, os gases anteriormente apresentados são obtidos, através do processo de purificação do ar atmosférico. Note-se, que a sua produção é tanto mais cara quanto mais raros forem, como o caso dos gases cripton e xénon, representando assim, custos elevados no produto final. Por outro lado, o gás argón existe em maior quantidade na atmosfera, sendo por isso o mais utilizado como solução de gás isolante, pois representa um menor custo em relação aos outros gases, refletindo-se assim no preço a pagar pelos vidros de isolamento térmico com a utilização deste tipo de gás (Agrela 2011, p.13).

VI.4 – Caixilharia

A caixilharia é o elemento de transição entre as áreas opacas e as áreas envidraçadas e tem como principal função garantir a estanquicidade e a operacionalidade dos vãos, contribuindo assim para a otimização do desempenho energético e ambiental dos

edifícios, sendo por isso a sua função de extrema importância para o edifício (Construção Sustentável, 2012b).

A caixilharia é o elemento que suporta os painéis de vidro que constituem as áreas envidraçadas, tanto na sua posição fechada como nas suas diversas posições abertas, para além disso, tem a função de garantir a eficaz estanquicidade dos espaços interiores, absorvendo os movimentos vários como seja força do vento (Construção Sustentável, 2012b).

Efetivamente, tanto os vidros como as caixilharias ao longo dos tempos têm sofrido grande evolução por inerência aos avanços tecnológicos nesta área. Uma das grandes evoluções verificadas foi na estanquicidade, pois permite controlar eficazmente o intercâmbio de calor e frio entre o interior e o exterior dos edifícios (Construção Sustentável, 2012b). No entanto, chama-se a atenção para a utilização de janelas muito estanques, como no caso da reabilitação de edifícios, pois obriga a adotar um sistema que permita a eficaz renovação do ar interior, garantindo-se assim a salubridade interior da habitação. Isso pode ser conseguido através de utilização de grelhas de ventilação, podendo as mesmas estar incorporadas nos próprios caixilhos/janelas ou então através de ventilação mecânica. Ambos os sistemas devem ser previstos e dimensionados através de um projeto específico de qualidade do ar (Construção Sustentável, 2012b).

As características a ter em consideração na especificação da caixilharia são (Construção Sustentável, 2012b):

- O grau de estanquicidade da caixilharia, a estanquicidade da caixilharia permite controlar, de forma eficaz, o intercâmbio tanto de calor como de frio entre o interior e o exterior, garantindo as renovações de ar, essenciais para a salubridade do ar interior;
- O material que constitui o caixilho deve ser tão reciclável quanto possível devendo ser privilegiados os acabamentos mais fáceis de reciclar, como é o caso do alumínio anodizado, face ao termolacado;
- O facto de o caixilho ter ou não corte térmico.

O material utilizado para fabricar a caixilharia não é apenas importante para definir algumas das características físicas da janela, tais como, a espessura do caixilho, preocupações estruturais, peso e durabilidade, como também tem especial importância no desempenho térmico de toda a janela.

Para cada tipo de caixilharia (madeira, alumínio e PVC) o seu desempenho varia de acordo com propriedades dos materiais que a constituem. Assim, no Quadro 10, apresentam-se algumas propriedades relevantes dos materiais utilizados no fabrico de caixilhos (Martins, 2009, p.27).

Quadro 10: Algumas propriedades de materiais utilizados no fabrico dos caixilhos

Fonte: [adotado de Martins (2011, p. 27)]

Propriedades/Características	Madeira	Alumínio	PVC
Módulo de elasticidade, E (GPa)	10	70	2
Densidade (kg/m ³)	Variável conforme tipo de madeira; 200 - 870	2700 (cerca de 1/3 do aço)	1390
Condutibilidade Térmica, λ[W/(m.°C)]	Fraco condutor; variável em função do tipo de madeira 0,06 – 0,29	Bom condutor de calor 230	Fraco condutor. 0,17
Condutibilidade Elétrica	Fraco condutor	Excelente condutor elétrico	Fraco condutor
Coefficiente de dilatação térmica linear (°C)	Variável 4×10^{-6}	23×10^{-6}	70×10^{-6}
Combustibilidade	Combustível. Emite gases tóxicos quando arde.	Não combustível	Combustível, emite gases tóxicos quando arde.

VI.4.1 – Caixilharia de alumínio

Segundo, Teixeira (2005) o alumínio é um material metálico, extraído da bauxite e tem baixa densidade quando comparado com o aço e com a maioria dos metais. Possui ainda excelentes propriedades mecânicas, térmicas, elétricas, químicas, óticas entre outras, a par de uma excelente resistência à corrosão atmosférica (Teixeira, 2005).

Para a fabrico da caixilharia, o alumínio é produzido em perfis através da extrusão. O tratamento da sua superfície pode ser de duas formas, por anodização ou termolacagem (Teixeira, 2005). Na verdade, deve-se privilegiar a anodização em vez lacagem, por ser mais fácil de reciclar, pois consegue-se um aproveitamento integral aquando do fim de vida da caixilharia. Por outro lado, o tratamento por termolacagem não permite uma

reciclagem integral, logo é mais prejudicial em termos ambientais (Construção Sustentável, 2012b).

O tratamento por anodização, consiste no tratamento eletroquímico dos perfis, que consiste em criar artificialmente uma capa de alumina (óxido de alumínio) que permite ser impenetrável à maior parte dos agentes químicos, tais como o ar e a água (Sapa Portugal, sd.).

Segundo, a Extrusal (2011) neste tipo de tratamento (anodização) de superfície, são estabelecidas diversas classes da espessura da camada de proteção, sendo estabelecido de acordo com o local ou ambiente ao qual se destina, assim sendo seguidamente apresenta-se as várias classes de acordo com o local a que se destinam:

- Classe 10 μm - Destinada a aplicações interiores;
- Classe 15 μm - Destinada a perfis de alumínio para arquitetura;
- Classe 20 μm - Recomendada para perfis de alumínio para arquitetura inseridos em ambientes elevadamente agressivos;
- Classe 25 μm - Recomendada para perfis de alumínio para arquitetura inseridos em ambientes muito agressivos.

De acordo com a Sapa Portugal (sd.) a termolacagem é um processo de tratamento de superfície que consiste na aplicação em estufa, de uma tinta em pó (polímero à base de poliéster) que pode ser de dois tipos termoplástica ou termoendurecível.

No que se refere ao tipo de caixilharia fabricada em alumínio, esta pode ser de dois tipos: Alumínio sem corte térmico e o alumínio com rutura da ponte térmica. De acordo com Martins (2009, p.16), “(...) as caixilharias de alumínio apresentavam um grande inconveniente que são as perdas energéticas excessivas resultantes do facto de o alumínio ter condutibilidade térmica elevada (...)”.

Também a Extrusal (2011) considera:

“ (...) que sendo o alumínio um metal com condutibilidade elevada nas suas propriedades, poderíamos observar uma característica negativa, uma relativa perda, por transmissão térmica, através dos perfis de alumínio instalados em determinado caixilho. A este problema respondeu a Indústria com o desenvolvimento de perfis de alumínio termicamente melhorados, com perfis de alumínio com rutura da ponte térmica (RPT), vulgarmente designado por perfil de corte-térmico (...)”

O sistema de rotura da ponte térmica, consiste na aplicação intercalar entre perfis de alumínio de um perfil de poliamida (componente isolante) que pode ser reforçada com fibra de vidro (Gobar, sd.). Este sistema evita que o perfil de alumínio interior se encontre em contacto com o perfil exterior (Martins 2009, p.16). Na Figura 29, pode-se observar os perfis de uma janela com rutura térmica.

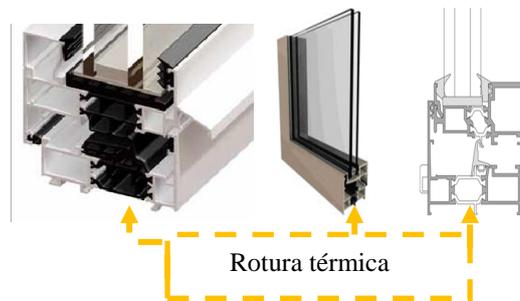


Figura 29: Janela de alumínio com corte térmico

Fonte: [adaptado de Extrusal e Sapa (2012)]

VI.4.2 – Caixilharia de madeira

A madeira foi dos primeiros materiais a serem utilizados no fabrico de caixilhos, usados em edifícios para habitação, pois era um material amplamente disponível na natureza e de fácil moldagem nas diversas formas (Santos, 2012). A madeira é um material mais ecológico, durável com um tempo de vida de cerca de 40 anos para além de ser bastante resistente, caso seja de origem de florestas certificadas e se receber tratamento adequado não necessita sequer neste caso de alguma manutenção (Ecoarkitekt, 2012).

Segundo, Gomes e Rodrigues (2011, p.6), a madeira é um material 100% reciclável e biodegradável que continua a ser utilizado tradicionalmente na produção de caixilharia. Os autores fazem referência, às espécies de madeira utilizadas na fabrico da caixilharia, que passa pela utilização de madeiras mais vulgares até às madeiras mais exóticas, estas últimas geralmente com uma elevada durabilidade e resistência. No entanto, os autores (Gomes e Rodrigues, 2011, p.6) referem, que a utilização de madeiras exóticas tem vindo a crescer, acentuando a desflorestação de florestas tropicais, criando-se assim, preocupações ambientais.

Por este motivo, tem-se vindo a exigir que as madeiras utilizadas em caixilharia sejam originárias de florestas geridas de forma sustentável e certificadas por uma avaliação independente. Na Europa os sistemas de certificação florestal mais conhecidos são o

PEFC, (Program for the Endorsement of Forest Certification) e o FSC (Forest Stewardship Council). Na Figura 30, pode-se ver os símbolos dos certificados anteriormente referidos de florestas certificadas, apresentando-se ainda janelas de madeira.



Figura 30: Corte de janela de madeira e símbolos da certificação florestal FSC e PEFC

Fonte: [adaptado de catalogo Lapeyrer (2011, p. 77e 102)]

VI.4.3 – Caixilharia de plástico (PVC) reforçada com perfis em aço

A caixilharia de plástico, PVC é um material sintético formado por um polímero termoplástico (termo-moldável a quente) de forma reversível, sem modificação química) (Gomes e Rodrigues, 2011, p 6). Segundo, Barbosa (2010, p.58) o PVC é obtido a partir do sal e do etileno, este último produto é derivado do petróleo. A composição do PVC contém cerca de 57% de cloro (derivado do cloreto de sódio) e 43% de derivados do petróleo (Barbosa, 2010, p.58).

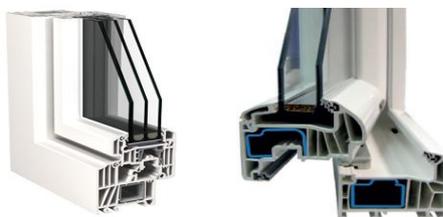


Figura 31: Corte de uma caixilharia de PVC

Fonte: [Adotado de Finistral (2012)]

A produção de caixilharia em PVC ainda contempla a incorporação de perfis de aço que têm a função de reforços colocados no interior das câmaras dos perfis das janelas, conseguindo-se assim o aumento da resistência mecânica dos caixilhos (ver figura 31), (Gomes e Rodrigues, 2011. p 6).

Este tipo de caixilharia apresenta o valor de U mais baixo comparativamente ao alumínio, conseguindo assim um melhor isolamento térmico. O PVC é um material bastante resistente, moderadamente durável, sendo o tempo de vida de cerca de 25 anos,

é reciclável, no entanto o PVC branco tende com o tempo a mostrar descoloração ao envelhecer e é um derivado da indústria petroquímica (Ecoarkitekt, 2012).

VI.4.4 – Caixilhos híbridos

A caixilharia híbrida, é composta por dois ou mais materiais, conferindo um bom desempenho, quando se pretende obter, por um lado, uma boa resistência aos agentes agressivos pelo lado exterior. Apresenta-se em seguida alguns exemplos de caixilhos híbridos.

- Alumínio e madeira – A conjugação destes dois materiais consegue aumentar a durabilidade da janela com a colocação na parte exterior o alumínio e, por outro lado, um resultado estético melhorado bem como de conforto no interior das habitações, colocando-se madeira exposta pelo interior (ver figura 32b).
- Alumínio e PVC – Esta variante de janela, com alumínio a revestir o PVC. O revestimento com alumínio, para além de resistir as alterações atmosféricas permite também ver aumentada a durabilidade da janela, tal como acontece na janela anterior (ver figura 32a) (Finistral, 2013).
- Alumínio, PVC e madeira – O terceiro exemplo apresentado consiste na utilização de alumínio pelo exterior, PVC intermediamente e madeira na parte interior (ver figura 32c) (Finistral, 2013a).

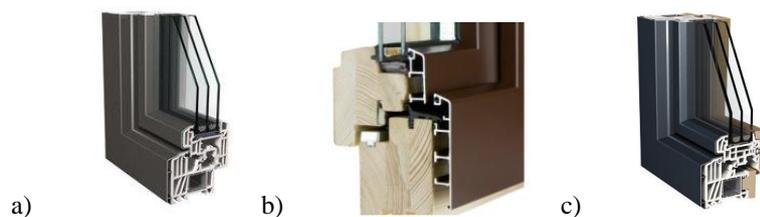


Figura 32: Janela de alumínio e PVC a), alumínio e madeira b) alumínio PVC e madeira c)

Fonte: [adotado de Finistral, a) e c), (2013,a) e Schuss (2011) ,b)]

VI.5 – Tipologias de janelas e portas

A tipologia(s) de janela(s) que se opta como elemento constituinte num determinado espaço ou compartimento é de extrema importância, tendo em conta, que as suas características técnicas vão condicionar a forma como a utilizamos, para além disso é

possível obter um aproveitamento máximo da janela que passa, desde a iluminação natural, à ventilação e ao desempenho para o qual é destinada, pois tem influência no quotidiano dos utentes do edifício.

Pretende-se assim mostrar, várias tipologias de janelas utilizadas em função das possibilidades de abertura, pois esse aspeto condiciona a forma de ventilação natural. Em seguida, apresentam-se várias tipologias de janelas com uma descrição, sendo completada com elementos gráficos, onde se pode ver a forma de ventilação. No entanto chama-se à atenção, que a escolha da tipologia de janela para um edifício pode ser condicionada pela dimensão do vão quer seja em largura ou em altura. Pretende-se, com isto dizer, que existem condicionalismos técnicos devido aos fatores dimensionais das janelas por parte dos fornecedores.

Por vezes um grande comprimento do vão pode não ser possível para certas tipologias de janelas, devido a fatores de resistência mecânica, como por exemplo, a resistência por parte do caixilho, em relação ao peso do vidro, que tem de suportar. Chama-se à atenção, que na realização de um projeto deve-se sempre consultar empresas especializadas do setor da caixilharia, de forma a informar da existência ou não, de possíveis condicionalismos técnicos como os anteriormente referidos.

VI.5.1 – Janela fixa

Este tipo de janelas tapa todo o vão, logo não existe possibilidade de abertura e ainda de movimento, tendo apenas uma função exclusiva de iluminação interior (ver figura 33).

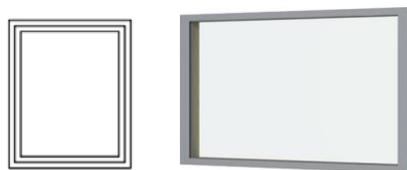


Figura 33: Janela fixa

Fonte: [adaptado de Agrela, (2011, p.8) e ARO, (sd.)]

VI.5.2 – Janela de batente

Este tipo de janela/porta de batente, (ver figura 34) pode ser de uma ou duas folhas, geralmente com dobradiças localizadas num dos lados do aro fixo, permitindo assim

rotações em torno de um eixo vertical, sendo o elemento de fecho colocado no lado oposto ao das dobradiças (Santos, 2012). A possibilidade de abertura pode ser realizada tanto para o interior como para o exterior, sendo que esta tipologia permite operações tanto de limpeza como de manutenção (Agrela, 2010, p.8).



Figura 34: Janela de batente (representação simbólica, janela e forma de ventilação)

Fonte: [adaptado de ARO, (sd.) e ABAL, (2012)]

VI.5.3 – Janela de correr

Este tipo de janela/porta de correr, (ver figura 35) é constituída por duas folhas moveis, que se movimentam na horizontal através de rodízios incorporados nos perfis inferiores (Santos, 2012, p.7). Esta janela consegue apenas aproveitar uma percentagem de abertura do vão na ordem dos 50% e este tipo de janela, apresenta ainda, um menor desempenho a nível de permeabilidade ao ar e de isolamento acústico e térmico (Agrela, 2010, p.9)



Figura 35: Janela de correr (representação simbólica, janela e forma de ventilação)

Fonte: [adaptado de ARO, (sd.), Sapa (sd.a) e ABAL, (2012)]

VI. 5.4 – Janela de guilhotina

Este tipo de janela, tal como o seu nome indica, funciona como a forma de uma guilhotina (ver figura 36), sendo formado por uma ou mais folhas, e sendo o seu movimento realizado no sentido vertical (Agrela, 2010, p.8).



Figura 36: Janela de guilhotina (representação simbólica, janela e forma de ventilação)

Fonte: [adaptado de ABAL, (2012) e Macica, (s.d)]

VI.5.5 – Janelas pivotantes vertical e horizontal

Este tipo de janela pivotante (ver figura 37) é constituída por uma única folha que abre por rotação, tanto na vertical como na horizontal (Agrela, 2010, p.8). O seu eixo de rotação localiza-se a meio vão, a sua abertura só é possível realizar até 180°, quando a janela está totalmente aberta, parte da janela encontra-se no exterior. Chama-se a atenção para esse aspeto, pois pode não permitir a colocação de persianas e grades na parte exterior (Santos, 2012, p.17).



Figura 37: Janela pivotantes (representação simbólica, janela e forma de ventilação)

Fonte: [adaptado de ABAL, (2012), Finistral, (2013b)]

VI.5.6 – Janelas basculantes e projetantes

Nesta tipologia de janela basculante e projetante (ver figura 38) a sua abertura é horizontal (Agrela, 2010, p.9), podendo abrir tanto para o exterior, sendo chamadas de “janela projetante” como para o interior chamando-se “janelas basculantes”. Este tipo de abertura permite obter uma boa ventilação interior, no entanto, em termos de limpeza existe dificuldade na sua execução devido ao ângulo reduzido de abertura (Santos, 2012, p.17). Chama-se a atenção, para a utilização da tipologia projetante, para o facto de não ser possível a utilização tanto de grades como de persianas na parte exterior.



Figura 38: Janela basculante a) e projetante b) (representação simbólica, janela e forma de ventilação)

Fonte: [ABAL, (2012), Finistral, (2013b)]

VI.5.7 – Janela oscilo-batente

Este tipo de janela oscilo-batente (ver figura 39) é um híbrido da janela basculante e da batente, pois a sua abertura é uma conjugação das duas formas de abertura tanto na horizontal como na vertical (Agrela, 2010, p.9).

Esta tipologia de janela permite tirar proveito da melhor forma de ventilação que proporciona as duas conjugações.



Figura 39: Janela oscilo-batente (forma de abertura da janela e de ventilação)

Fonte: [Finistral, (2013b)]

VI.5.8 – Janela pivotante múltipla

Esta janela (ver figura 40) é constituída por várias lâminas horizontais podendo ser reguláveis para promover a ventilação (Mendes, 2011, p.18). Na posição totalmente aberta ocupa espaço tanto no interior como no exterior do compartimento, esta última solução de abertura pode comprometer a utilização de persianas e de gradeamento na parte exterior do vão.



Figura 40: Janelas pivotantes (representação simbólica, janela e forma de ventilação)

Fonte: [ABAL, (2012), e Persianasbrasil, (2012)]

VI.5.9 – Janelas compostas e especiais

As janelas compostas são constituídas por duas ou mais tipologias de janelas apresentadas anteriormente. Relativamente às janelas especiais, estas são de geometria diferenciada como circular, oval, e triangular, conforme os exemplos ilustrados na Figura 41.



Figura 41: Janelas especiais

Fonte:[adotado catálogo Lapeyre , 2012, p.130)

VI.6 – Dispositivos de ocultação e sombreamento de vãos envidraçados

Os vãos envidraçados para além de nos permitir manter o contacto visual com o mundo exterior, fornecem ainda a entrada da luz natural que é uma fonte de energia que permite no inverno deixar entrar o calor proveniente da incidência da radiação solar que aquece as habitações, por outro lado, no verão devem ser implementadas medidas que evitem a entrada de radiação solar pois provoca o sobreaquecimento interior.

De acordo com Agrela (2011, p.19) os dispositivos de oclusão e sombreamento têm como principal função impedir a incidência dos raios solares, visto que, uma vez atravessado o vidro, a radiação térmica muda o seu comprimento de onda não conseguindo voltar a sair através do vidro, provocando a aquecimento interior, criando assim o fenómeno efeito de estufa levando ao aquecimento interior.

Alguns fatores que influenciam a quantidade de energia ganha através da incidência da radiação solar, como, a localização do edifício, área do vão, orientação do envidraçado, tipo de vidro e elementos de obstrução e dispositivos de ocultação (Martins 2009, p.76).

Para Mendes, (2009, p.39) os dispositivos de oclusão e sombreamento, podem ajudar a diminuir o coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados, melhorando o isolamento térmico global, conseguindo-se um aumento do conforto térmico no interior da habitação.

Segundo, Martins (2009, p.30) estas proteções podem estar localizadas, tanto no exterior, como no interior ou no nível intermédio. Em termos de eficiência, a localização exterior é tida como a melhor solução, pois são mais eficazes, porque permite uma reflexão da radiação solar antes dela entrar no espaço interior, dissipando assim a energia absorvida pelo elemento sombreador localizado no exterior (Martins 2009, p.30).

Mendonça (2005, p.33) também refere que os dispositivos de sombreamento exterior são mais eficientes, explicando que este fenómeno se deve ao facto destes dispositivos, ao serem colocados no interior do compartimento, fazem com que a radiação solar absorvida pelo dispositivo sombreador, seja transferida por convecção e por radiação infravermelha de onda-longa, dessa forma promove um maior aquecimento interior.

Na Figura 42, pode-se observar o anteriormente referido, onde se pode ver uma janela com a localização do estore no exterior e no interior, para além disso, nas imagens é possível ver de forma esquematizada a incidência por transmissão da radiação solar.

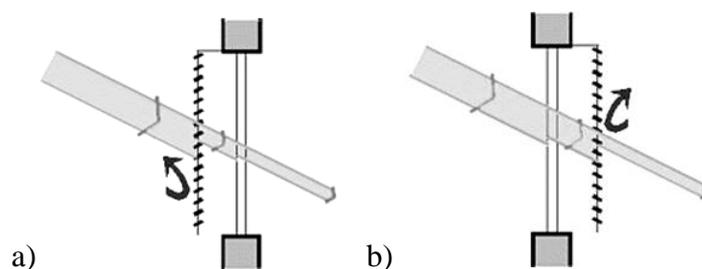


Figura 42: Estore na parte exterior a) e interior b), incidência de radiação

Fonte: [Mendonça (2005, p. 34)]

Mendonça, (2005, p.33), também advoga que os elementos de sombreamento, devem obedecer a alguns critérios e regras para o seu dimensionamento, como seja, as alturas e azimutes do sol durante o ano, decorrentes da análise das cartas solares e regulamentos. Para além disso, ainda deve-se ter em conta a conceção arquitetónica, como seja a orientação dos vãos, a posição relativa a outras construções, a própria volumetria e forma do edifício.

Seguidamente apresenta-se (Figura 43) alguns tipos de elementos utilizados como sombreamento na arquitetura dos edifícios, fazendo-se referência aos seguintes: palas de diferentes materiais (metálicas, de betão armado, de pedra, entre outros) e estores manobráveis (Mendonça, 2005).

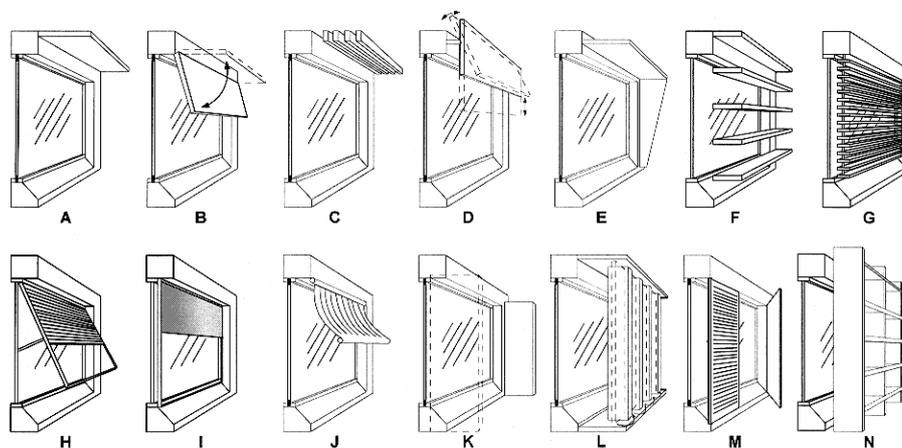


Figura 43: Exemplos de sistemas de proteção solar exterior de vãos envidraçados

Fonte: [Mendonça (2005, p.33)]

VI.6.1 – Dispositivos de oclusão e sombreamento no exterior

No mercado existem dispositivos de oclusão e sombreamento que permitem reduzir ou controlar a incidência da radiação solar nos edifícios. Em seguida serão descritos alguns desses dispositivos.

VI.6.2 – Persianas

A persiana é um conjunto de réguas dispostas na horizontal e ligadas entre si por um sistemas macho e fêmea, a sua abertura e efetuada no sentido vertical por meio de enrolamento e a sua localização pode ser exterior ou interior. As réguas podem ser fabricadas em PVC, alumínio e alumínio com corte térmico (ver figura 44).

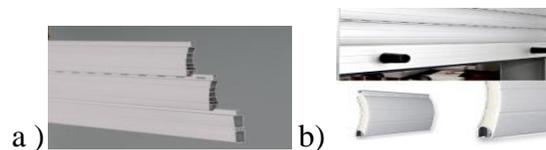


Figura 44: Persiana de PVC, a); alumínio térmico b)

Fonte: [Silva (2008) e Arbelux (2013)]

VI.6.3 – Palas horizontais e verticais

As palas são elementos aplicados no exterior do edifício podendo pertencer à própria estrutura da fachada (Agrela, 2011, p.20), cujo modo de disposição pode ser tanto na horizontal como na vertical. Quanto às palas horizontais ou em consola, a sua localização deve ser orientada a sul, de forma a impedir a incidência dos raios solares de maior inclinação vertical, quando o sol se encontra mais alto (Mendes, 2011, p.41). No entanto, as palas verticais são mais vantajosas em termos arquitetónicos na orientação a este e a oeste, quando o sol se encontra mais baixo (ver figura 45).

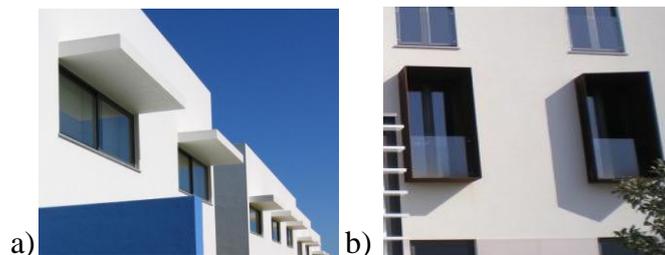


Figura 45: Palas horizontais, a); pala vertical e horizontal, b)

Fonte: [adotado de Extrusal, (2011b)]

VI.6.3 – Lamelas de sombreamento

Segundo a Extrusal (2011c) as lamelas de sombreamento são estruturas colocadas no exterior com disposição vertical ou horizontal, com funções de controlo solar, que permite uma redução entre 10% a 90% da luminosidade e uma retenção de 80% do calor transmitido por radiação.

Este sistema pode ser constituído por lamelas fixas ou móveis, podendo ser orientadas consoante o ângulo de incidência do sol, para além disso podem ser manobradas manualmente ou por dispositivos motorizados. Os materiais que constituem as lamelas são de alumínio, aço, madeira ou PVC (Martins, 2009, p.31). As várias possibilidades anteriormente descritas podem ser observadas na Figura 46. Existe ainda o sistema de Brisa-Solar que é um estore exterior que permite aproveitar o máximo da luminosidade através da orientação das suas lâminas que estão posicionadas na posição horizontal e que se movimentam e recolhem no sentido vertical (ver figura 46c) (Apsol, 2007).



Figura 46: Lamelas de sombreamento fixas, a); reguláveis, b) e Brisa solar, c)

Fonte: [adaptado de Extrusal (2011c) e Estores e Cortinados Meneses (sd.)]

VI.6.4 – Estores de rolo e cortinas interiores

As telas de rolo e cortinas são sistemas utilizados na parte interior do edifício, tendo uma componente decorativa e a função de regulação da luminosidade e radiação solar no interior do espaço. Mediante o tipo de material e cor é possível obter vários níveis de opacidade, escurecimento e controlo solar, os exemplos de estores de rolo podem ser observados na Figura 47 (Apsol, 2007a).



Figura 47: Estores de rolo

Fonte: [adaptado de Apsol (2007a)]

Capítulo VII – Caso de estudo

No presente capítulo apresenta-se o caso de estudo, faz-se a descrição do projeto do edifício: Dados gerais que o compreende, soluções construtivas, envolventes térmicas, equipamentos de climatização e preparação de AQS. Seguidamente apresentam-se os programas informáticos utilizados para a realização do estudo térmico do edifício.

VII.1– Programas informáticos utilizados no estudo térmico do edifício

Para proceder-se à verificação do estudo térmico do edifício e obtenção dos resultados, referentes à otimização dos vãos envidraçados, recorreu-se à utilização do programa informático Cypeterm de forma a validar as várias soluções propostas de acordo com RCCTE (Decreto-Lei nº 80/2006) ainda em vigor.

Os motivos da utilização do programa informático Cypeterm, da Top Informática no presente trabalho, deve-se ao facto, de ser um software certificado de acordo com os requisitos da norma ISO/IEC 25051:2006, para além disso, é reconhecido pela ADENE. Através do programa Cypeterm recorreu-se à ferramenta Gerador de Preços de forma a obter orçamentos das caixilharias (caixilho e vidro), podendo assim proceder-se à realização da análise económica segundo preços de mercado atuais.

Para obtenção da estimativa de desempenho do sistema solar térmico foi utilizado o programa “SOLTERM” tal e qual os requisitos do RCCTE. Sendo um dos requisitos o apresentado no Quadro 11 (RCCTE, Quadro VI.1), para o consumo de referência de água quente sanitária (AQS) para utilização em edifícios de habitação que é de 40 l de água quente a 60°C por pessoa.

Quadro 11: Número convencional de ocupantes em função da tipologia da fração autónoma

Tipologias	T0	T1	T3	T4	Tn
Número de ocupantes	2	2	3	5	n+1
Área mínima coletora solar (m ²)	2	2	3	5	

Assim sendo, e tendo em conta que o caso de estudo é de tipologia T4, e de acordo com a condição presente no Quadro 11 o valor da área coletora a instalar de referência será de pelo menos 5 m².

No Anexo VIII, pode-se ver o relatório energético (Solterm) do sistema solar térmico, tendo sido adotado o painel solar tipo plano composto por 3 módulos com uma área de 5,58 m² sendo o depósito de 300 l.

VII.2 – Descrição do caso de estudo

O estudo térmico vai incidir na otimização dos vãos envidraçados, do projeto de uma moradia unifamiliar destinada a habitação, localizada na freguesia de Águas Santas, concelho da Maia no distrito do Porto. O edifício tem a fachada principal orientada a sul e a posterior a norte, a este e oeste encontra-se geminada com habitações de arquitetura idêntica. Na Figura 48, pode-se ver a moradia em 3D gerado no programa informático Cypeterm, com a sua orientação a sul a), e a norte b).

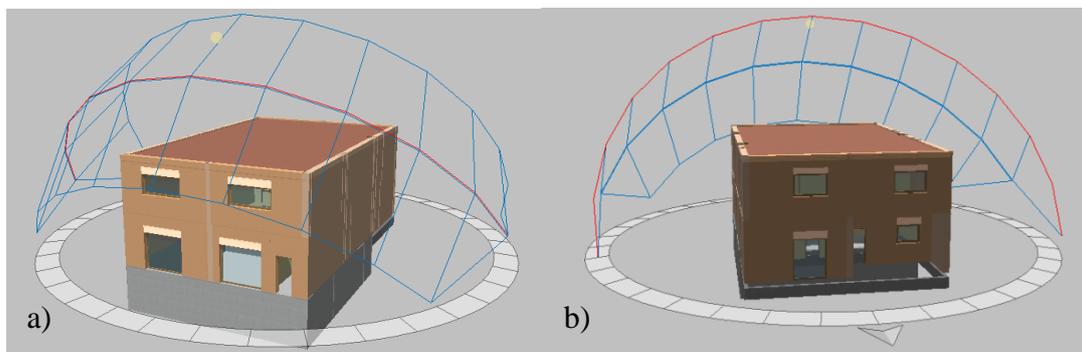


Figura 48: Vista tridimensional da moradia; fachada sul a); fachada norte b)

Fonte: [gerado no software Cypeterm]

VII.2.1 – Dados Climáticos da envolvente ao edifício

Para efeitos do RCCTE, Portugal está dividido em três zonas climáticas de Verão (V1, V2 e V3) e três zonas climáticas de Inverno (I1, I2 e I3). O concelho de Maia de acordo com o Quadro III.1 do RCCTE, situa-se na zona climática I2–V1. A cota de implantação do edifício, aponta para uma altitude de 105 m, sendo menor que 400 m, logo não sofre por isso qualquer alteração da zona climática.

A duração da estação de aquecimento é de 7 meses, o número de graus-dias de aquecimento igual a 1670 °C.dia. A temperatura exterior de projeto de verão é de 30°C, com amplitude térmica média diária de 9°C. De acordo com o Quadro III.8 do RCCTE, a energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul na estação de aquecimento (G_{sul}) será de 93 kWh/m².mês.

O valor da contribuição de sistemas de coletores solares para o aquecimento de AQS (E_{solar}) é de 3196 (kWh/ano) conforme o relatório Solterm (ver Anexo VIII).

VII.2.2 – Caracterização geométricas e envolventes térmicas

A moradia possui uma área de implantação de 180 m² num lote de terreno com 337 m², a sua área útil do pavimento é 285,63 m² e tem um pé direito de 2,92 m.

A moradia tem uma tipologia T4, é constituída por 3 pisos, cave, R/chão e 1º andar.

A cave destina-se a garagem, o R/chão é constituído por hall de entrada, sala de estar, cozinha, quarto de banho, despensa e escritório, conta ainda com um átrio interior que faz a distribuição espacial e vertical pelos vários pisos. O Piso 1 é constituído por três quartos, uma suite e quarto de banho comum.

Relativamente aos tipos de espaços não úteis e respetivos coeficiente tau (τ) a moradia conta com os apresentados nos seguintes pontos de acordo com RCCTE, Tabela IV.1:

- A **garagem** sendo um espaço não útil e um local não aquecido (I_{na}) tem uma área de 99,7 m² e um tau de 0,5. Na figura 50a e 51 encontra-se representado o espaço não útil garagem;
- O **desvão sanitário** tem uma área de 38,97 m² e conta com uma caixa-de-ar não ventilada com uma altura livre de 60 cm, ao qual corresponde um tau de 0,6 (ver figura 50b e 51);
- Os **ductos de ventilação** verticais possuem um coeficiente tau de 0,7, sendo que o tipo de ventilação corresponde a um desvão fracamente ventilado. Para este edifício foi considerada ventilação natural com ductos emergentes na cobertura com uma altura de 1,20 m (ver figura 50, 52 e 53);
- Os **edifícios adjacentes** corresponde um tau de 0,6.

Nas figuras seguintes (50, 51, 52 e 53) apresenta-se o traçado das envolventes térmicas em corte e planta em paredes, pavimento e tetos, no qual correspondem as perdas associadas às envolventes exterior e interior. Na figura 49 apresentam-se as legendas respetivas e no Anexo I, apresentam-se ainda as, plantas, cortes e alçados do caso de estudo que complementam este trabalho.

	– Envolvente exterior
	– Envolvente interior com requisitos de interior
	– Pavimento de envoltente em contacto com o exterior
	– Pavimento de envoltente interior com requisitos de interior
	– Cobertura da envoltente em contacto com o exterior
	– Localização dos ductos de ventilação ($\tau=0,7$)
	– Espaço não útil garagem ($\tau=0,5$)
	– Espaço não útil desvão sanitário ($\tau=0,6$) (com caixa de ar não ventilada)
	– Paredes em contacto com espaços não úteis e edifícios adjacentes ($\tau=0,6$)

Figura 49: Legendas das envoltentes térmicas

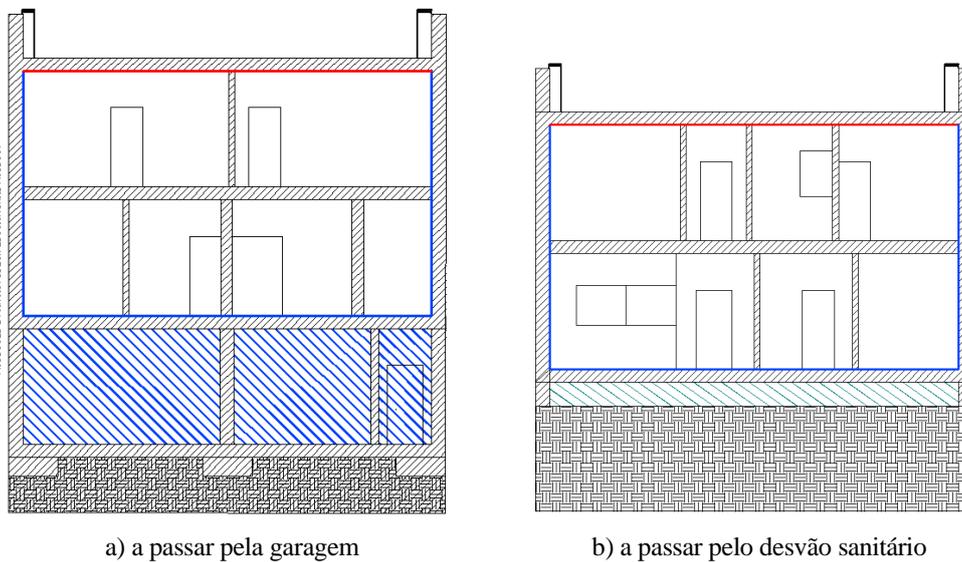


Figura 50: Cortes transversais com o traçado das envoltentes térmicas a) a passar pela garagem; b) a passar pelo desvão sanitário

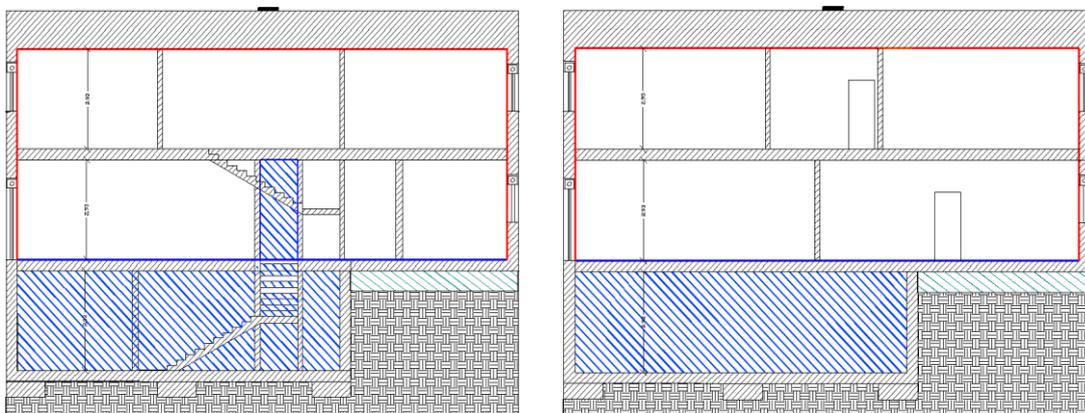


Figura 51: Cortes longitudinais com o traçado das envoltentes térmicas

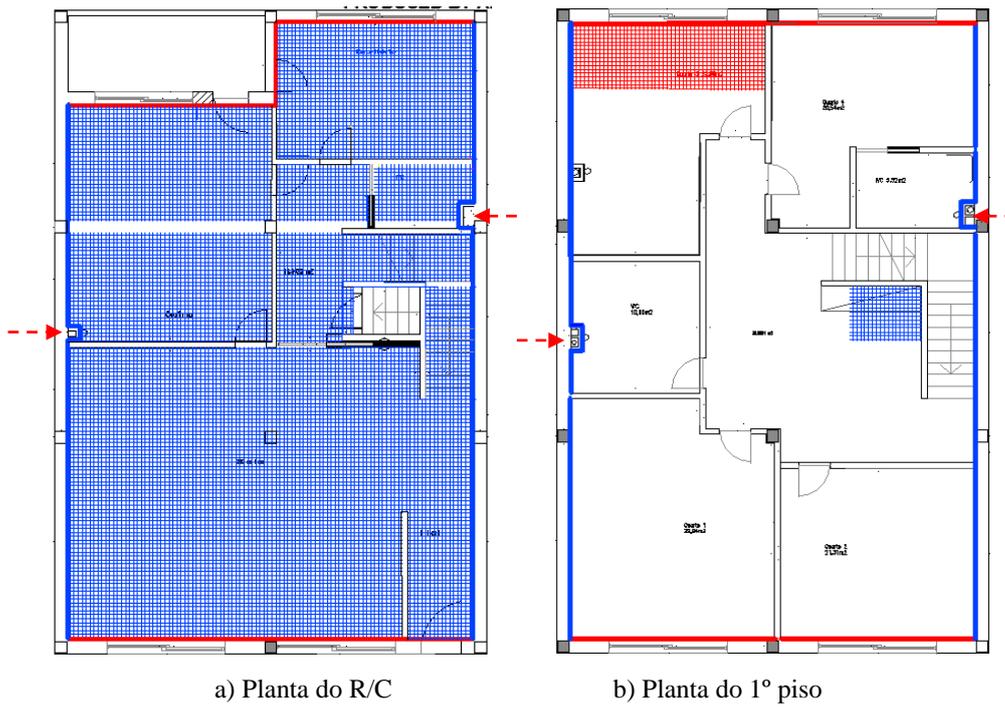


Figura 52: Traçado das envolventes térmicas em planta; a) Planta do R/C; b) Planta do 1º piso

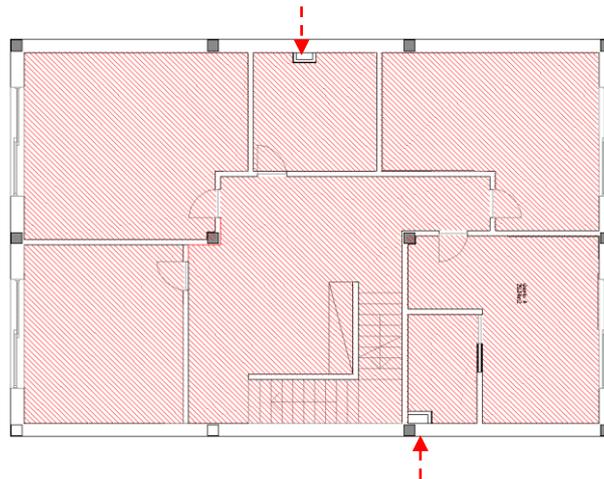


Figura 53: Traçado da envolvente térmica em planta ao nível da cobertura

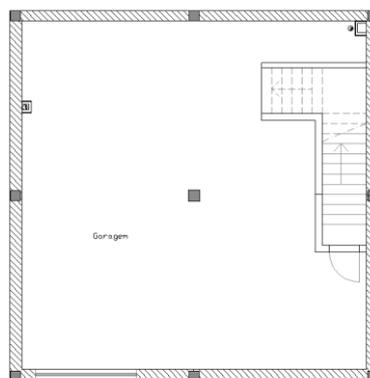


Figura 54: Planta da cave (garagem)

VII.2.3 – Caraterização térmica das soluções construtivas

Para a elaboração deste estudo preconizou-se soluções construtivas cuja caraterização, descrição e pormenorização encontram-se no Anexo III de acordo com a disposição que se inúmera:

1. Sistema envolvente do edifício

- Pavimentos em contacto com o terreno;
- Lajes térreas ventiladas;
- Muros em contacto com o terreno;
- Fachadas;
- Parte opaca das fachadas;
- Aberturas em fachada portas;
- Paredes meeiras;
- Cobertura;
- Parte maciça da cobertura plana;
- Pavimentos em contacto com o exterior.

2. Sistema de Compartimentação

- Compartimentação interior vertical;
- Parte opaca da compartimentação interior vertical;
- Aberturas verticais interiores;
- Compartimentação interior horizontal.

3. Materiais

Os materiais encontram-se em tabela própria no Anexo III, onde se pode ver os seguintes elementos técnicos que se apresentam:

- Espessura (cm);
- Densidade ρ (kg/m³);
- Condutibilidade térmica λ (W/(m.°C));
- Resistência térmica (m²°C/W);
- Calor específico (J/(kg.°C)).

O edifício em estudo apresenta uma classe de inercia térmica forte com uma massa superficial útil por m² de área de pavimento de 484,7 (Kg/m²) (ver anexo II folhas de cálculo).

VII.2.4 – Vãos envidraçados em estudo, dimensões e orientação

O edifício compreende oito vãos envidraçados, localizados tanto na fachada sul como na norte. Na Figura 55 a), pode-se ver os vãos envidraçados (1, 2, 3 e 4) orientados a sul e na Figura 55 b), os vãos envidraçados orientados a norte (5, 6, 7 e 8).

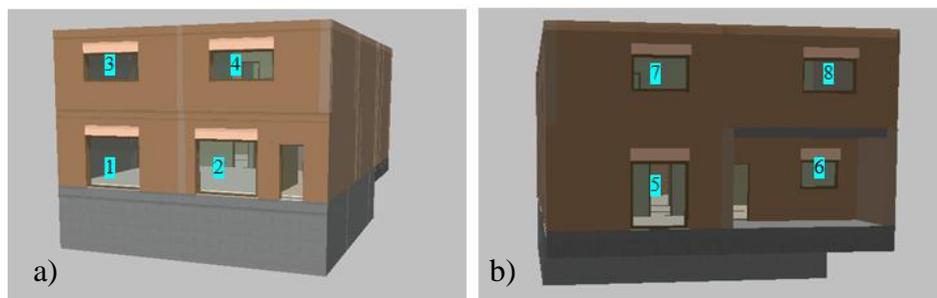


Figura 55: Vãos envidraçados orientados a sul, a); a norte, b)

Fonte: [gerado no software Cypeterm]

No Quadro 12, apresentam-se as soluções dos caixilhos em alumínio (AL) como em PVC adotados neste estudo, podendo-se ainda ver, as dimensões dos envidraçados, área, localização por compartimento e a corresponde orientação. É importante referir, que as dimensões dos vãos envidraçados com janelas em PVC apresentam ligeiras diferenças nas suas dimensões em relação às de alumínio.

Quadro 12: Vãos envidraçados, dimensões, divisão e orientação

Janela	Material	Dimensões (largura x altura) (cm)	Área (m ²)	Divisão(s)	Orientação
1 e 2	AL	240 x 215	5,16	Sala	sul
1 e 2	PVC	(120 x 210).2	5,00	Sala	sul
3 e 4	AL	240 x 115	2,76	Quarto	sul
3 e 4	PVC	240 x 110	2,64	Quarto	sul
5	AL	180 x 215	3,87	Escritório	norte
5	PVC	140 x 210	2,94	Escritório	norte
6	AL	140 x 105	1,47	Cozinha	norte
6	PVC	140 x 100	1,40	Cozinha	norte
7 e 8	AL	180 x 115	2,07	Quarto	norte
7 e 8	PVC	180 x 110	1,98	Quarto	norte

Na fachada orientada a sul os vãos envidraçados apresentam uma maior área comparativamente à fachada norte. O motivo de tal diferença dimensional, é o de aumentar os ganhos solares na época de inverno, permitindo assim o aquecimento

interior e uma diminuição de custos em energia para aquecimento, por outro lado, optou-se pela redução das áreas de envidraçados a norte com o objetivo de diminuir as perdas térmicas na estação de inverno.

Todavia, a diferenciação dimensional anteriormente referida também promove a diferenciação da entrada de radiação solar na estação de verão. De forma a reduzir o sobreaquecimento interior no verão foi prevista a introdução de palas de sombreamento.

Todos os vãos envidraçados estão providos com persiana de réguas metálicas ou plásticas, estando aplicadas no exterior.

VII.2.5 – Vidros utilizados no estudo, caraterísticas técnicas e preço

No que diz respeito aos vidros, serão analisados os presentes no Quadro 13, onde se pode ver a respetiva referência adotada (V1, V2 e V3), suas caraterísticas e preço por m². Os vidros são todos duplos, apresentam caraterísticas energéticas e luminosas diferentes, nomeadamente o fator solar, transmissão luminosa e térmica.

Pretende-se com isso, analisar essas diferenças no desempenho energético do edifício, tanto para a época de aquecimento (inverno) que tem uma duração de sete meses, como também para a época de arrefecimento (verão).

Quadro 13: Tipos de vidros, caraterísticas e preço por (m²)

Ref.	Tipo de vidro	Caraterísticas do vidro	Preço por m ² (€)
V1	Vidro duplo, 4/6/6. Preenchido com <u>ar desidratado</u>	Transmitância térmica, Uv: 3,30 W/(m ² ·°C) Factor solar, F: 0,76 Transmissão luminosa: 81%	47,30
V2	Vidro duplo LOW.S Azur.Lite cor azul 6/10/4 LOW.S Preenchido com <u>gás árgon</u>	Transmitância térmica, Uv: 1,40 W/(m ² ·°C) Factor solar, F: 0,39 Transmissão luminosa: 48%	68,37
V3	Vidro duplo com controlo solar + LOW.S Baixa emissividade térmica 6/14/6 LOW.S. Preenchido com <u>gás árgon</u>	Transmitância térmica, Uv: 1,10 W/(m ² ·°C) Factor solar, F: 0,17 Transmissão luminosa: 18%	120,51

VII.2.6 – Tipos de caixilhos utilizados e suas características técnicas

No Quadro 14, apresenta-se os três tipos de caixilhos utilizados neste estudo, onde se poder ver as características técnicas de cada um, como a transmissão térmica, tipo de abertura, permeabilidade ao ar e a absorvidade do caixilho. Os caixilhos utilizados neste estudo são de três tipos, alumínio, alumínio com corte térmico e PVC.

Quadro 14: Características técnicas dos caixilhos

Ref.	Tipo de caixilho	Caraterísticas técnicas do caixilho
Cx1	Caixilharia de alumínio, anodizado natural, é uma janela de abrir (batente), formada por duas folhas.	Transmissão térmica, U_c : 5,6 W/(m ² .°C) Tipo de abertura: Batente Permeabilidade ao ar da caixilharia (EN 12207): Classe 4 Absortividade, α_s : 0,4 (cor clara)
Cx2	Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para janela com dobradiças e oscilo-paralela, formada por uma folha, com perfis providos de rutura de ponte térmica.	Transmissão térmica, U_c : 2,20 W/(m ² .°C) Tipo de abertura: Oscilo-paralela e Batente. Permeabilidade ao ar da caixilharia (EN 12207): Classe 4 Absortividade, α_s : 0,4 (cor clara)
Cx3	Janela de PVC com acabamento natural em cor branca.	Transmissão térmica, U_c : 1,30 W/(m ² .°C) Tipo de abertura: Oscilo-batente, Batente; Permeabilidade ao ar da caixilharia (EN 12207): Classe 4 Absortividade, α_s : 0,4 (cor clara)

Para a elaboração do estudo térmico será realizada uma otimização das soluções de janelas, de acordo com as características técnicas constantes nos Quadros 13 e 14. No Quadro 15, pode-se ver tanto o orçamento dos caixilhos e soluções de vidros e ainda o preço total da caixilharia. Como já foi referido, os preços foram obtidos através da ferramenta do Gerador de Preços, podendo-se assim proceder na parte final deste trabalho a uma análise económica das várias soluções de caixilharia.

Quadro 15: Combinações de caixilho e vidro para realização do estudo e respetivo preço

Caixilho	Tipo de vidro	Caixilharia	Preço caixilhos (€)	Preço vidros (€)	Preço total (€)
Cx1	V1	Cx1 V1	2.219,37	1.024,52	3243,89
Cx1	V2	Cx1 V2	2.219,37	1.480,89	3700,26
Cx1	V3	Cx1 V3	2.219,37	2.610,25	4829,62
Cx2	V1	Cx2 V1(*)	5.940,60	1.022,15	6.962,75
Cx2	V2	Cx2 V2(*)	5.940,60	1.477,48	7.418,08
Cx2	V3	Cx2 V3(**)	5.940,60	2.604,22	8.544,82
Cx3	V1	Cx3 V1(**)	3.763,50	1.180,14	4.943,64
Cx3	V2	Cx3 V2	3.763,50	1.705,83	5.469,33
Cx3	V3	Cx3 V3	3.763,50	3.006,72	6.770,22

(*) Nota: Nestes dois casos, foi realizada uma simulação com uma solução de palas de sombreamento.

(**) Nota: Nestes dois casos, foi realizada uma simulação com a indefinição de equipamentos de climatização aquando do estudo da térmica do edifício de acordo com o artigo 18º do RCCTE.

No Anexo IV, pode-se ver uma descrição mais detalhada de cada janela, sendo complementada com uma tabela com a dimensão, transmissão térmica e características, energéticas e luminosas. É ainda apresentada uma outra tabela que corresponde ao orçamento individual de cada janela (caixilho e vidro).

Neste trabalho são realizadas três simulações para cada tipo de vidro (V1, V2 e V3) e de caixilho (Cx1, Cx2 e Cx3) o que corresponde a nove simulações, onde foram definidos dados precisos relativamente às características e eficiência dos sistemas e equipamentos tanto de aquecimento ($\eta_i=4$), como de arrefecimento ($\eta_v=3$), a que corresponde as linhas da 1 à 9 do Quadro 16 e 17.

Para além das simulações anteriores referidas, são realizadas outras quatro simulações que se apresentam.

Duas simulações, com a introdução de proteção solar nos envidraçados, sendo que para tal, foi utilizado um sombreamento fixo (pala) de modo a reduzir os ganhos solares pelos envidraçados na época de verão. A pala horizontal tem uma dimensão de 0,5 m de desenvolvimento perpendicular à parede (em consola), e está aplicada nas janelas da fachada orientada a sul, nas combinações Cx2V1 e Cx2V2 que correspondem às linhas 4 e 5 do Quadro 16 e 17, o que dará origem aos resultados integrando pala, presentes nas linhas 10 e 11 dos mesmos quadros.

Com a introdução da pala, pretendeu-se analisar e avaliar os benefícios deste tipo de elemento de sombreamento no desempenho energético do edifício. Relativamente à fachada orientada a norte não se procedeu à colocação de nenhuma pala, tendo em conta, que nesta orientação não existe incidência de radiação solar direta, apenas existe iluminação natural difusa durante o dia. Para além disso, pretendeu-se avaliar o impacto desta solução de sombreamento no desempenho energético dos envidraçados, podendo-se assim verificar a variação das necessidades de energia tanto para a época de arrefecimento (verão) como para a época de aquecimento (inverno), sendo posteriormente analisado o respectivo impacto no custo de exploração.

Por fim, nas outras duas simulações que correspondem às linhas 12 e 13 do Quadro 16 e 17 pretendeu-se realizar um estudo partindo do pressuposto da não existência, aquando do projeto térmico, de dados precisos relativamente às características e à eficiência dos sistemas e equipamentos, tanto de aquecimento ($\eta_i=1$), como de arrefecimento ($\eta_v=3$),

para as combinações Cx3V1 e Cx3V2, linhas 7 e 8 com a referência (3) e (4) do Quadro 18, tendo sido adotados os valores de referência para equipamentos (arrefecimento e aquecimento) de acordo com o artigo 18º do RCCTE (N.º 67 – 4 de abril de 2006).

Com este último estudo pretendeu-se analisar as implicações deste tipo de situação, tanto na classe energética do edifício como também no custo de exploração e consequentemente no período de retorno do investimento das soluções de caixilharia adotadas neste estudo. Também importante referir que todas as simulações deste trabalho foram sujeitos a uma eficiência de sistemas de AQS, $\eta_a = 0,95$ correspondendo a um sendo o sistema de apoio realizado através de resistência elétrica.

VII.2.7 – Apresentação e análise de resultados

Os resultados obtidos no estudo térmico do edifício, nomeadamente quanto à análise de sustentabilidade da utilização das diferentes tipologias de vãos envidraçados, apresentam-se nos Quadros 16 e 17, onde se pode ver tanto os indicadores energéticos como a classe energética do edifício.

No Anexo II, apresenta-se um exemplo de folha de cálculo com o cumprimento das exigências do RCCTE e com a respetiva Classe Energética atribuída. O exemplo apresentado é referente ao estudo da caixilharia em alumínio com corte térmico e vidro de baixa emissividade (Cx2V2).

Seguidamente é apresentada uma breve descrição dos indicadores energéticos presentes no cabeçalho do Quadro 16.

Assim, as perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores em períodos de inverno ($W/^\circ C$), correspondem a perdas de calor do interior para o exterior da habitação. Essas perdas são influenciadas por dois parâmetros fundamentais como são a área do envidraçado (m^2) e o coeficiente de transmissão térmica da janela U ($W/m^2^\circ C$).

Por outro lado, os ganhos solares brutos em período de inverno (kWh/ano) são considerados como ganhos uteis ou benéficos (Camelo et al., 2006, p.81), atendendo que permitem obter ganhos energéticos (calor) através da incidência de radiação solar pelas áreas envidraçadas para o interior dos compartimentos, na medida em que quanto maiores forem os ganhos internos através da radiação solar incidente menores serão os gastos de energia para aquecimento.

Para a determinação dos ganhos solares brutos no período de inverno são determinantes vários fatores como o fator de orientação, o fator solar do envidraçado, o fator de obstrução (ex. edifícios, palas, árvores, relevo), a fração envidraçada, o fator de seletividade angular, e a correspondente área efetiva do envidraçado (m²).

Relativamente aos ganhos totais úteis no período de inverno (kWh/ano), estes correspondem ao somatório dos ganhos solares brutos anteriormente referidos, mais os ganhos internos do edifício que podem ter várias contribuições resultantes da iluminação, dos equipamentos, do tipo de atividade a que se destina (ex. escolar, habitação). Para além do referido anteriormente a inércia térmica (fraca, média ou forte) também é um fator determinante dos ganhos térmicos (Camelo et al., 2006, p.82).

Já para a época de verão, os ganhos solares (kWh) na verdade são entendidos como não benéficos tendo em conta que promovem o sobreaquecimento interior. Assim, quando esses ganhos forem excessivos, também existe a necessidade de os retirar através de equipamentos que promovam o arrefecimento de forma a manter a temperatura ao nível de conforto previsto no regulamento (Camelo et al., 2006, p.85).

Por fim, os ganhos totais na estação de arrefecimento (kWh) correspondem à soma dos ganhos solares pelos envidraçados exteriores, com os ganhos solares pela envolvente opaca e com os ganhos internos.

Quadro 16: Indicadores energéticos referentes a cada tipo de janela, perdas e ganhos

	Caixilharia Ref.	Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores inverno (W/°C)	Ganhos solares brutos inverno (kWh/ano)	Ganhos totais úteis inverno (kWh/ano)	Ganhos solares verão (kWh)	Ganhos totais na estação de arrefecimento verão (kWh)
1	Cx1V1	95,46	2877,42	8549,36	1154	5351,3
2	Cx1V2	56,83	1751,19	7434,4	701,2	4898,42
3	Cx1V3	50,79	768,18	6526,48	418	4615,22
4	Cx2V1_(1)	77,72	2844,87	8517,14	1136,8	5334,02
5	Cx2V2_(2)	39,71	1725,15	7408,62	689,6	4886,82
6	Cx2V3	33,67	748,65	6441,88	408,4	4605,62
7	Cx3V1_(3)	57,91	1874,88	7556,85	751,6	4954,26
8	Cx3V2_(4)	32,06	1158,78	6847,91	456,8	4659,46
9	Cx3V3	28,08	507,78	6266,08	266,0	4468,66
10	Cx2V1_P(1)	77,72	2571,45	8246,75	977,2	5174,42
11	Cx2V2_P(2)	39,71	1568,91	7253,94	590,8	4788,02
12	Cx3V1_(3)	57,91	1874,88	7556,85	751,6	4954,26
13	Cx3V2_(4)	32,06	1158,78	6847,91	456,8	4659,46

VII.2.8 – Discussão de resultados para ganhos e perdas associadas aos vãos envidraçados

Da análise do Quadro 16, comparando os resultados das perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores na estação de inverno ($W/^\circ C$), constata-se que as janelas com menos perdas de calor do interior para o exterior, ou seja, com melhor desempenho, são as que apresentam vidro duplo com controlo solar e baixa emissividade (V3). Por outro lado, as janelas com pior desempenho, são as que integram vidro duplo (V1).

Relativamente aos ganhos solares de inverno e de verão, para ambas as situações constata-se que efetivamente o vidro duplo (V1) permite obter maiores ganhos solares internos e o vidro V3 (com controlo solar e baixa emissividade) maiores retenções desses mesmos ganhos solares.

Na verdade, os valores energéticos apresentados anteriormente são importantes, contudo chama-se atenção que a eficiência energética do edifício é atribuída segundo o balanço global dos indicadores energéticos, ou seja, entre ganhos e perdas, na medida que estes são determinantes tanto para as necessidades de aquecimento (Nic) como para arrefecimento (Nvc) do ambiente interior do edifício. Para além disso, são também um fator determinante na classificação energética do edifício, conforme a apresentação dos resultados do Quadro 17.

Quadro 17: Indicadores energéticos e classe atribuída no estudo de térmica do edifício

	Referência	Nic (kWh/m ² .ano)	Ni (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nv (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nt (kgep/ m ² .ano)	Ntc (kgep/m ² .ano)	R = Ntc/Nt	Classe Energ- ética
1	Cx1V1	52,46	74,79	1,5	16	2,89	3,61	1,23	0,341	A
2	Cx1V2	50,83	74,79	1,37	16	2,89	3,61	1,22	0,338	A
3	Cx1V3	53,13	74,79	1,13	16	2,89	3,61	1,23	0,341	A
4	Cx2V1(1)	49,97	74,79	1,68	16	2,89	3,61	1,22	0,338	A
5	Cx2V2(2)	48,52	74,79	1,54	16	2,89	3,61	1,2	0,332	A
6	Cx2V3	51,06	74,79	1,29	16	2,89	3,61	1,22	0,338	A
7	Cx3V1(3)	50,9	74,79	1,39	16	2,89	3,61	1,22	0,338	A
8	Cx3V2(4)	49,61	74,79	1,31	16	2,89	3,61	1,21	0,335	A
9	Cx3V3	51,23	74,79	1,10	16	2,89	3,61	1,22	0,338	A
10	Cx2V1_P(1)	50,92	74,79	1,45	16	2,89	3,61	1,22	0,338	A
11	Cx2V2_P(2)	49,06	74,79	1,34	16	2,89	3,61	1,21	0,335	A
12	Cx3V1(3)	50,9	74,79	1,39	16	2,89	3,61	2,33	0,645	B
13	Cx3V2(4)	49,75	74,79	1,31	16	2,89	3,61	2,29	0,634	B

A classe energética é atribuída segundo o valor de R de acordo com a expressão $R=N_{tc}/N_t$, em que, " N_{tc} " representa as necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes e o " N_t " corresponde ao valor limite máximo regulamentar para as necessidades anuais globais de energia primária para climatização e águas quentes. Na verdade, a classificação energética do edifício em estudo resultou em duas classes, Classe A e Classe B segundo os pressupostos já referidos deste trabalho. Para este estudo e com base nos resultados verifica-se que desde a linha 1 à 9 do Quadro 17, a moradia obteve como classificação energética a Classe A, sendo o seu R aproximadamente de 0,34.

É de notar, que a variação da classificação energética (R) apenas apresenta uma alteração nominal na terceira casa decimal em todas as soluções de janelas, tendo-se observado o valor mais elevado 0,341 e o menor 0,332, considerando-se que a diferença entre valores é muito residual. Tal facto, permite constatar que efetivamente a atual Regulamentação (RCCTE) atribui um reduzido peso dos envidraçados na contribuição para a classificação energética, independentemente da maior ou menor eficiência energética dos mesmos.

Relativamente à introdução da pala de sombreamento quando se compara as duas situações, ou seja, o estudo sem aplicação da pala (linhas 4 e 5 do Quadro 17) com a aplicação da pala (linhas 10 e 11 do Quadro 17) para a primeira situação não se verificou qualquer aumento ($Cx2V1_P$), no entanto para a segunda situação $Cx2V2_P$ verifica-se que o R apresenta unicamente um aumento de 0,03. A introdução da pala não alterou a classe energética, tendo-se mantido a Classe A.

No entanto, para a situação no qual corresponde a colocação por defeito dos sistemas de climatização previstos pelo RCCTE, ou seja, para a situação de indefinição de dados precisos aquando do estudo do projeto de térmica relativamente às suas características, para o aquecimento foi adotada resistência elétrica ($\eta_i=1$) já para o arrefecimento foi usada bomba de calor ($\eta_v=3$). Tal situação, originou uma diminuição efetiva da classificação energética do edifício, de tal forma que passou para Classe B, conforme se pode ver nas linhas 12 e 13 do Quadro 17. Assim, para a primeira situação $Cx3V1_ (3)$ verificou-se um R de 0,645 e para a segunda situação $Cx3V1_ (4)$ um R de 0,634.

VII.2.8.1 – Discussão de resultados para as Nic

Com base nos resultados obtidos, é de salientar numa primeira análise, que existem algumas diferenças para as necessidades de energia útil de aquecimento (Nic) conforme os resultados presentes no Quadro 17 (Figura 56).

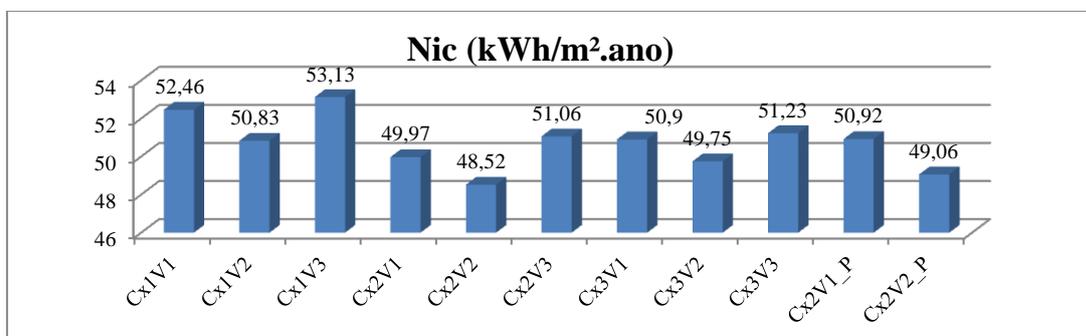


Figura 56: Gráfico com valores de Nic das várias soluções de envidraçados

Os resultados, demonstram que existe um maior potencial de poupança energética com a adoção da solução de envidraçado (Cx2V2) que corresponde ao caixilho de alumínio com corte térmico (Cx2) e vidro duplo de baixa emissividade (V2) com o valor de 48,52 kWh/(m².ano), entendendo-se ser a solução mais vantajosa a nível energético para a estação de aquecimento (inverno).

Como segunda melhor solução para esta época, verificou-se a caixilharia de PVC também com o vidro de baixa emissividade Cx3V2 existindo uma diferença de 1,23 kWh/(m².ano), o que corresponde um aumento de 2,47% quando comparado com a melhor solução Cx2V2.

Por fim, a caixilharia de alumínio sem corte térmico Cx1V2, apresenta-se como pior solução na época de aquecimento, verificando-se um aumento de 2,31 kWh/(m².ano) que corresponde a um aumento de cerca 4,5% em relação à melhor solução Cx2V2, logo apresenta-se como a menos vantajosa a nível energético.

Em termos de vidros, verifica-se que a utilização do vidro duplo de baixa emissividade V2 apresenta um melhor desempenho e qualidade térmica em todas as caixilharias.

Como segunda melhor solução de vidro, verificou-se o vidro duplo V1. Por outro lado, como pior solução de vidro, constata-se a utilização do vidro com controlo solar e baixa emissividade V3, potenciando assim um aumento do consumo de energia para as necessidades de aquecimento.

Esse facto deve-se à particularidade deste tipo de vidro apresentar o menor fator solar de 0,17 (ver Quadro 13) o que lhe confere uma grande capacidade de retenção do fluxo luminoso transmitido, dado que no inverno a entrada de luz solar é importante, pois permite o aquecimento interior nesta época.

Da análise da introdução da pala horizontal com 0,5 m de largura nos vãos envidraçados orientados a sul é possível verificar que a aplicação desta solução de sombreamento resultou num aumento das necessidades de aquecimento (Nic) em ambas as situações de caixilharia sombreadas desta forma.

Assim, a caixilharia Cx2V1 registou um aumento de 0,95 kWh/(m².ano) para a situação Cx2V1_P o que corresponde um aumento de 1,87%. No entanto para a situação Cx2V2 o aumento foi menos pronunciado sendo a diferença de 0,54 kWh/(m².ano) para Cx2V2_P, o que corresponde um aumento de cerca de 1,1%.

VII.2.8.2 – Discussão de resultados para as Nvc

De acordo com a análise dos resultados das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc) pode-se verificar que a solução mais eficiente em termos de caixilharia foi a de PVC e vidro duplo com controlo solar de baixa emissividade (Cx3V3), tendo-se registado um Nvc de 1,10 (kWh/m².ano), sendo, assim, este tipo de solução a que conduz a um menor consumo de energia útil para arrefecimento, como se pode ver na Figura 57.

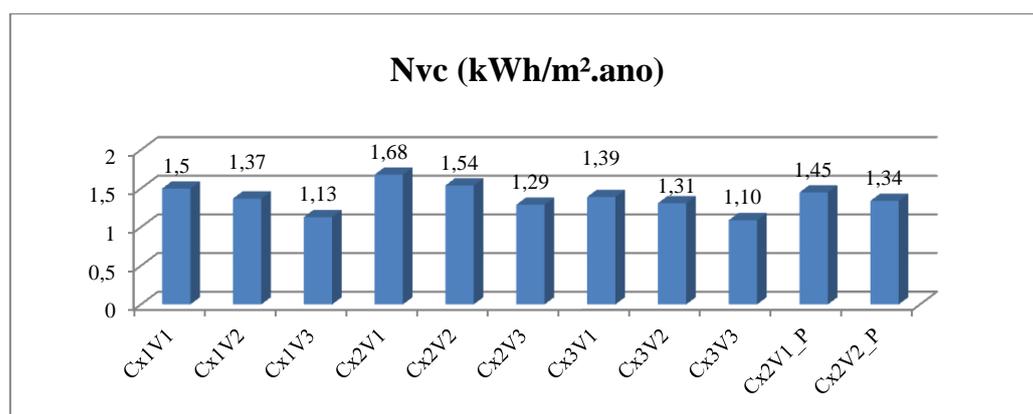


Figura 57: Gráfico com valores de Nvc das várias soluções de envidraçados

Como segunda melhor solução, constatou-se ser a janela de alumínio sem corte térmico e vidro duplo de baixa emissividade e controlo solar (Cx1V3) com Nvc igual a 1,13

kWh/m².ano, registando-se um aumento de 0,04 kWh/m².ano, o que corresponde um aumento de cerca 3,5% comparativamente à melhor solução (Cx3V3).

Como pior situação, constatou-se ser a janela de alumínio com corte térmico e vidro duplo (Cx2V1), tendo-se verificado um aumento 0,2 kWh/m².ano a que corresponde um aumento de cerca 15% comparativamente à melhor solução (Cx3V3). É evidente que por um lado o corte térmico permite o isolamento térmico de entrada de calor por condutância pelo alumínio para o interior, por outro, o corte térmico também dificulta a saída de calor do lado interior do caixilho para o exterior.

Não obstante, é de notar que o alumínio com corte térmico na avaliação do Nic registou o melhor desempenho e poupança de energia contrariamente ao registado no Nvc (ver Figura 56).

Em termos de vidros, verifica-se em todas as caixilharias que apresentam o vidro duplo de controlo solar e de baixa emissividade (V3), que este permite uma maior redução das necessidades de energia útil de arrefecimento, contrariamente ao verificado nas necessidades nominais de aquecimento (Nic).

Como segunda melhor solução, constatou-se que foi o vidro duplo com baixa emissividade (V2), e que com pior registo constatou-se ser o vidro duplo (V1).

Da análise da introdução da pala com 0,5 m de largura, como elemento de sombreamento dos vãos envidraçados orientados a sul para a época de arrefecimento (verão) constata-se que ambas as soluções registaram uma diminuição considerável das necessidades de energia para arrefecimento (Nvc).

Assim, a aplicação desta solução de sombreamento resultou numa redução de 0,23 kWh/(m².ano) para a caixilharia Cx2V1, a que corresponde uma poupança de cerca 13,7%. No entanto a caixilharia Cx2V2 apenas sofreu uma poupança de cerca de 12,9%, sendo a diferença obtida de 0,2 kWh/m².ano. Efetivamente a introdução da pala permite obter uma maior poupança na época de arrefecimento (Nvc).

VII.3 – Análise económica

Este trabalho compreende a realização de uma análise económica segundo a metodologia de cálculo que seguidamente se apresenta, que consiste na aplicação ao caso de estudo, onde se avaliou o desempenho energético do edifício das várias soluções de caixilharia, de acordo com o custo de exploração e o seu período de retorno do investimento, podendo-se assim saber que determinada medida ou solução, tem ou não viabilidade económica na sua implementação. Importa referir, que a metodologia de cálculo da análise económica é igualmente adotada no âmbito de reabilitação de edifícios quer seja na análise das janelas como também da envolvente opaca (fachadas e coberturas).

VII.3.1 – Metodologia de cálculo

Através da metodologia de cálculo da análise económica é possível verificar-se o custo de exploração do edifício e ainda o período de retorno do investimento da solução mais eficiente. É importante referir, que qualquer medida de melhoria térmica como também energética de um edifício permite obter a melhor solução técnica no plano económico, isso sem descurar o aspeto ambiental.

Assim, para a determinação da medida de melhoria, é necessário proceder-se à determinação do valor do custo de exploração com base na solução inicial (menos eficiente) e da solução de melhoria (mais eficiente) a diferença entre as duas soluções permite saber as poupanças daí resultantes ao longo do ano.

Após esta apresentação, será realizada uma análise económica das soluções de janelas em estudo, pretende-se saber os valores do período de retorno do investimento na adoção de uma solução mais eficiente em detrimento de uma solução menos eficiente. Esta metodologia é importante pois é determinante na tomada de decisão em aceitar ou não, um determinado investimento.

VII.3.2 – Avaliação do custo de exploração

A avaliação do custo de exploração corresponde ao somatório dos custos de exploração para as estações de aquecimento, arrefecimento e para a produção de AQS.

Para proceder-se ao cálculo do custo de exploração é necessário conhecer-se os valores das necessidades nominais de energia útil (aquecimento, arrefecimento e produção de AQS) e ainda a eficiência nominal dos equipamentos e os custos da energia. O cálculo do custo de exploração (C_{ex}) do edifício é dado pela seguinte fórmula [2] (ADENE, 2012b).

$$C_{ex} = \frac{N_{ic}}{\eta_i} * A_p * custo_{1[\text{€/Kwh}]} + \frac{N_{vc}}{\eta_v} * A_p * custo_{2[\text{€/Kwh}]} + N_{ac} * A_p * custo_{3[\text{€/Kwh}]} \quad [2]$$

Sendo:

- N_{ic} - Necessidades nominais de energia útil para aquecimento;
- N_{vc} - Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento;
- N_{ac} - Necessidades nominais de energia útil para a produção de AQS;
- η_i - Eficiência nominal do equipamento de climatização da estação de aquecimento;
- η_v - Eficiência nominal do equipamento de climatização da estação de arrefecimento;
- A_p - Área útil;
- $custo_{1 e 2[\text{€/Kwh}]}$ - Custo da energia utilizada pelo equipamento de climatização da estação de (aquecimento¹ arrefecimento²).
- $custo_{3[\text{€/Kwh}]}$ - Custo da energia utilizada pelo equipamento de apoio de AQS.

Em seguida, apresenta-se os valores da eficiência nominal dos equipamentos de climatização das duas situações.

Assim sendo, para a primeira situação onde foi definido no estudo de térmica a eficiência nominal do equipamento de climatização (aquecimento e arrefecimento), foi utilizado o equipamento bomba de calor para a estação de aquecimento com eficiência nominal do equipamento (η_i) igual a 4 e para a estação de arrefecimento com eficiência nominal do equipamento (η_v) de 3, que compreende as linhas da 1 até à 9 (Quadro 17 e 18).

Para a segunda situação em estudo, onde não foram definidos os dados precisos aquando do projeto de térmica relativamente às características e à eficiência dos sistemas e equipamentos tanto de aquecimento como de arrefecimento, são adotados os valores de referência do artigo 18º do RCCTE (N.º 67 – 4 de abril de 2006). Para aquecimento recorreu-se à solução de resistência elétrica com uma eficiência (η_i) igual a 1 e para o arrefecimento a uma máquina frigorífica com eficiência (COP) igual a 3, que compreende as linhas 12 e 13 (Quadro 17 e 18).

O depósito do painel solar tem um sistema de apoio com uma resistência elétrica ($\eta_a=0,95$).

Relativamente à energia utilizada pelos equipamentos de climatização tanto da estação de aquecimento como de arrefecimento são ambos alimentados a energia elétrica. Assim, para o edifício em estudo optou-se por uma potencia contratada de 10,35 (kVA) a que corresponde um preço da eletricidade de 0,171¹³ (€/kWh) (ERSE, 2013).

VII.3.3 – Cálculo do período de retorno do investimento

O cálculo do período de retorno do investimento, realiza-se segundo a seguinte fórmula [3] que corresponde ao período de retorno simples (PRS), de acordo com Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE, 2006, anexo XIII).

Chama-se a atenção, que esta metodologia apenas avalia para a situação a custos de energia constantes e iguais aos do momento do investimento, com efeito, não considera quaisquer custos financeiros nem efeitos da inflação, devido à incerteza inerente da previsão de quaisquer dos parâmetros financeiros necessários à sua consideração, dando-se como exemplo o caso de aumento do preço da energia (RSECE, 2006, anexo XIII).

$$PRS = \frac{C_a}{P_1} \quad [3]$$

sendo:

PRS - Período de retorno simples;

C_a – Custo adicional de investimento, calculado pela diferença entre o custo inicial da solução base, isto é, sem a alternativa de maior eficiência energética, e o da solução mais eficiente, estimada aquando da construção do sistema, com base na melhor informação técnica e orçamental ao dispor do projetista (RSECE, 2006).

P₁ – Poupança anual resultante da aplicação da alternativa mais eficiente, estimada com base em simulações anuais, detalhadas ou simplificadas do funcionamento do edifício e os seus sistemas energéticos, conforme aplicável em função da tipologia e área útil do edifício, nos termos do presente regulamento, da situação base e da situação com a solução mais eficiente (RSECE, 2006).

¹³ O preço da eletricidade apresentado inclui taxa de IVA em vigor (23%).

No âmbito desta análise económica, os custos do investimento inicial de cada solução de caixilharia, encontram-se no Quadro 18.

Com este modelo de cálculo determina-se a escolha de uma solução de janela mais eficiente em detrimento de uma solução menos eficiente. No entanto, é de notar que para esta análise não foi considerada qualquer taxa de crescimento anual da energia, apesar de existir uma tendência do aumento do preço da energia para os próximos anos, contudo essa situação contribuiria para uma diminuição do tempo de retorno de investimento dos casos em estudo.

Quadro 18: Período de retorno do investimento

	Ref. Janela	Nic (kWh /m ² .ano)	Nvc (kWh /m ² .ano)	Nac [kWh /m ² .ano]	Custo da medida (€)	Custo de exp. (€/ano)	Custo de Invest. (€)	Δ Cexp (€/ano)	Período de retorno (anos)	Janelas em análise [combinação de linhas]
1	Cx1V1	52,46	1,5	2,89	3.243,9	815,2				-
2	Cx1V2	50,83	1,37	2,89	3.700,3	793,2	456,4	22,0	20,7	(Cx1V1)/(Cx1V2) [1-2]
3	Cx1V3	53,13	1,13	2,89	4.829,6	817,8	1.129,4	24,2	46,7	(Cx1V2)/(Cx2V3) [2-3]
4	Cx2V1(1)	49,97	1,68	2,89	6.962,8	787,7				-
5	Cx2V2(2)	48,52	1,54	2,89	7.418,1	767,8	455,3	20,0	22,8	(Cx2V1)(Cx2V2) [4-5]
6	Cx2V3	51,06	1,29	2,89	8.544,8	794,7	1.126,7	26,9	41,8	(Cx2V2)/(Cx2V3) [5-6]
7	Cx3V1(3)	50,9	1,39	2,89	4.943,6	794,4	4.174,2	47,4	88,0	(Cx1V1)/(Cx2V2) [1-8]
8	Cx3V2(4)	49,61	1,31	2,89	5.469,3	779,0	525,7	17,0	30,8	(Cx3V1)(Cx3V2) [7-8]
9	Cx3V3	51,13	1,10	2,89	6.770,2	793,1	1.300,9	16,4	79,6	(Cx3V2)/(Cx3V3) [8-9]
10	Cx2V1_P(1)	50,92	1,45	2,89	6.962,8	795,6				
11	Cx2V2_P(2)	49,06	1,34	2,89	7.418,1	771,1	1000	24,5	40,8	(Cx2V1_P)/(Cx2V2_P) [10-11]
12	Cx3V1(3)	50,9	1,39	2,89	4.943,6	2.652,7				
13	Cx3V2(4)	49,75	1,31	2,89	5.469,3	2.595,3	525,7	57,4	9,5	(Cx3V1(3))/(Cx3V2(4)) [12-13]

Da análise do quadro anterior com base nos resultados obtidos (Quadro 18) relativos ao custo de exploração para a situação onde é definido o tipo de equipamentos de climatização (verão e inverno) que compreende as linhas da 1 até à 9 (Quadro 18) verifica-se um valor médio de 784 euros.

É de salientar numa primeira análise, a maior diferença (linha 7) no custo de exploração (ΔCexp) é de cerca 47,4 (€/ano) e a menor de 16,4 (€/ano) (linha 9). Os valores registados (Cexp) são determinantes para um maior ou menor período de retorno do investimento.

Assim, na análise da seguinte situação (Cx1V1)/(Cx1V2), linha 2, que corresponde a caixilharia em alumínio sem corte térmico mas mudando só o tipo de vidro (mais eficiente, V2), o custo de investimento é de €456,4 sendo a diferença entre custos de exploração de €22. Para esta situação o período de retorno de investimento é de cerca 20 anos. Já para um investimento de €1.129,4 que corresponde à situação (Cx1V1)/(Cx2V3), linha 3, o período de retorno de investimento passa para 46,7 anos.

Também para a solução de janela em alumínio com corte térmico (Cx2) os valores encontram-se muito próximos, linhas 5 e 6 (Quadro 18), da situação acima apresentada do alumínio sem corte térmico (Cx1) existindo apenas uma variação entre dois a cinco anos (linhas 3 e 4 do Quadro 18).

No entanto, na análise das janelas em PVC verifica-se um aumento do período de retorno de investimento.

Assim, para a situação (Cx3V1)/(Cx3V2) (ver linha 8 do quadro 18) onde existe um custo de investimento de €525,7 e uma diferença entre custos de exploração (ΔC_{exp}) de €17, o período de retorno de investimento é de cerca 30 anos. No entanto para a situação (Cx3V2)/(Cx3V3) (ver linha 9 do quadro 18) em que o investimento é de €1300,9 e a diferença de custos de exploração (ΔC_{exp}) é de €16,4, o período de retorno de investimento ultrapassa os 79 anos.

Relativamente ao estudo que consiste na adoção de caixilharia de alumínio com corte térmico em detrimento de alumínio sem corte térmico, alterando o vidro duplo V1 pelo vidro de baixa emissividade V2 (Cx1V1)/(Cx2V2) (ver linha 7 do quadro 18) existe um custo acrescido de investimento de €4.174,2 e uma diferença do custo de exploração de €47,4, resultando num período de retorno de investimento de 88 anos.

Nas duas situações onde se registaram períodos de retorno de investimento de 79 e 88 anos considera-se estes serem muito elevados, ultrapassando mesmo o tempo de vida útil tanto da janela como também do edifício.

Na situação da introdução da pala de 0,5 m de largura nas janelas orientadas a sul para a situação (Cx2V1)/(Cx2V2_P) (ver linha 11 quadro 18) assumiu-se um investimento de 1000 euros na execução da pala, sendo que o período de retorno de investimento chegou a cerca de 41 anos e caso o investimento duplique o retorno de investimento também duplica, passando assim para os 81 anos.

Por último, apresenta-se o estudo (Cx3V1_(3)/Cx3V2_(4), linha 13 do quadro 18, no qual existe indefinição quanto aos equipamentos de climatização (inverno e verão) aquando da realização do estudo de térmica. Para estas situações o custo de exploração chega a ser superior a 2500 euros o que representa um aumento quase três vezes superior comparativamente às situações onde foram definidos os equipamentos de climatização (linha 1 à 9 do quadro 18).

Perante a situação apresentada, o período de retorno de investimento passa de 30 anos (com a definição de sistemas de climatização) para 9 anos (com sistemas de climatização por defeito devido à sua indefinição).

Com este estudo demonstrou-se que a eficiência dos equipamentos de climatização são determinantes tanto na classificação energética do edifício como também na influência do período de retorno de investimento de novos envidraçados.

Capítulo VIII – Conclusões

O presente trabalho apresentado, pretende contribuir para a existência de edifícios energeticamente eficientes, sustentáveis e viáveis economicamente, que permita uma diminuição do consumo energético através da otimização dos vãos envidraçados.

Foram objetivos deste trabalho dar a conhecer as exigências, as evoluções tecnológicas e normativas associadas aos vãos envidraçados. No entanto o objetivo principal centrou-se em perceber e quantificar a contribuição dos envidraçados quer seja a nível de eficiência energética em edifícios como também a nível económico.

Com base no estudo desenvolvido procurou-se avaliar através de uma habitação ainda na fase de projeto, soluções de envidraçados com especificações técnicas e energéticas diferentes, tanto de vidros como de caixilhos. Os resultados obtidos permitem uma avaliação de cada solução no desempenho energético em edifícios segundo o RCCTE em vigência.

Para a realização do trabalho houve a necessidade de proceder a uma revisão bibliográfica de diversos temas pertinentes e indissociáveis de forma a formular as conclusões deste trabalho.

Assim, este trabalho, inicia-se com uma análise da evolução da população mundial e sua distribuição, pois estão no centro dos muitos desafios que hoje se colocam, nomeadamente a nível de recursos naturais, energéticos e ambientais bem como de alterações climáticas.

De acordo com a análise, no sector de edifícios, verifica-se um elevado consumo da energia final (40%) devendo-se esse facto em grande parte ao fraco nível de eficiência do parque habitacional. Os vãos envidraçados são um dos componentes dos edifícios que propicia perdas consideráveis de energia, estimando-se que representam entre 25 a 30% das necessidades de aquecimento.

Na caracterização dos alojamentos em Portugal ao nível dos vãos envidraçados, foi possível verificar-se que mais de 70% dos alojamentos são dotados de janelas de fraca eficiência, entendendo-se que esse facto deve ser alterado, numa perspetiva de melhoria

do conforto interior dos ocupantes, como também, para permitir poupanças muito significativas nos custos com a energia.

Para uma resposta aos problemas observados no sector de edifícios foram abordados diversos temas entendidos como pertinentes, como seja, a construção e desenvolvimento sustentável, a nova diretiva Europeia para o Desempenho Energético de Edifícios (EPBD) que compreende o conceito de edifício de balanço energético nulo ou quase nulo.

Constata-se, que o sector da indústria da caixilharia, tem respondido bem aos desafios propostos pela UE no que concerne à eficiência energética dos edifícios, destacando-se o pioneirismo deste sector com a implementação, no início do presente ano de 2013 em Portugal, do Sistema de Etiquetagem Energética de Janelas, assinalando-se a informação esclarecedora para o cliente relativamente ao desempenho energético das mesmas como também no acompanhamento e monitorização ao longo do ciclo de vida.

Demonstrou-se igualmente, os benefícios de janelas com medidas standardizadas modelo amplamente utilizado em França, apresentando-se as vantagens na adoção deste sistema, tanto para o setor da caixilharia como para a indústria da construção civil em geral.

Nesta investigação foi possível conhecer e perceber os mecanismos de transferência de calor que as janelas estão sujeitas (condução, convecção e radiação). Sublinhou-se as tecnologias aplicadas aos vãos envidraçados, sendo possível constatar-se uma grande evolução tecnológica, tanto para o sector do vidro como para as caixilharias.

Com base no estudo desenvolvido procurou-se avaliar diferentes soluções de janelas, os meios passivos de sombreamento (palas) e ainda a influência dos equipamentos de climatização (inverno e verão). Para tal, foi criado um projeto de uma moradia, a partir do qual foram adotadas varias soluções de caixilharia.

Para proceder à avaliação de acordo com o RCCTE, recorreu-se à utilização do programa de cálculo automático Cypeterm que permitiu a simulação do desempenho energético do edifício através da otimização das várias soluções de envidraçados, que compreendeu nove simulações com três tipos de caixilhos (alumínio, alumínio com corte térmico e PVC) e três tipos de vidros duplos, com características energéticas e

luminosas diferentes, podendo-se assim avaliar essa diferenciação a nível energético no edifício em estudo.

Através do modelo de cálculo de análise económica quantificou-se os custos e os benefícios, para as combinações de caixilho e vidro propostas, de forma a verificar o período de retorno do investimento na adoção de uma solução de envidraçado mais eficiente em detrimento de uma solução menos eficiente, avaliando-se assim se o melhoramento tem ou não viabilidade económica.

Dos resultados foram obtidas as conclusões abaixo apresentadas:

- A classe atribuída ao edifício, não sofreu alterações significativas na aplicação das diferentes soluções de janelas quer seja quanto ao tipo de caixilho ou de vidro;
- Os envidraçados que apresentam a solução de vidro duplo com baixa emissividade (V2) são mais eficientes, embora com diferenças residuais;
- A caixilharia em PVC apresenta em período de inverno o melhor desempenho a nível de perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores, seguindo-se o alumínio com corte térmico;
- No estudo da análise económica, pode-se constatar que o período de retorno do investimento regista uma grande variação, na medida, que quanto maior for a diferença de custos entre a solução de janela mais eficiente por uma menos eficiente, essa situação conduz a períodos muito longos de amortização do investimento;
- Entende-se que para as situações com período de retorno de investimento com mais de 50 anos ultrapassa mesmo o tempo de vida útil das janelas, considerando-se economicamente pouco rentável devido ao horizonte temporal muito longínquo de amortização do investimento sendo que esse aspeto ficará sempre à consideração do dono de obra;

- Foi possível demonstrar que a eficiência dos equipamentos de climatização têm um peso importante no custo de exploração dos edifícios como o caso apresentado neste estudo tendo originado uma diminuição do período de retorno do investimento que passou dos 34 anos para 9 anos. Pode-se assim concluir que com o atual regulamento (RCCTE) quanto mais eficientes forem os equipamentos de climatização maior é o período de retorno do investimento relativo ao melhoramento da eficiência energética dos vãos envidraçados.

É importante referir que existem outras vantagens não só económicas e energéticas, para a inclusão de melhores envidraçados, dando como exemplo o caso do alumínio sem corte térmico, que apresenta a desvantagem de possuir uma elevada condutibilidade térmica que é passível de originar problemas de condensações na superfície interior.

É também relevante referir que todas estas conclusões económicas basearam-se numa metodologia de cálculo do RCCTE em vigor que dá um peso muito considerável à eficiência dos equipamentos de climatização, tal como foi demonstrado pelo facto de em edifícios que possuem equipamentos de climatização eficientes a influência da qualidade térmica dos envidraçados ser muito diminuta.

Relativamente aos vidros que foram sujeitos ao estudo, apesar de o vidro de baixa emissividade (V2) apresentar um melhor desempenho energético no balanço global, importa referir que por vezes a incidência de luz solar e de calor (radiação solar) no interior dos edifícios pode ser bastante incomodativa a tal ponto de comprometer o bem estar interior sobretudo em escolas, escritórios, hospitais entre outros.

Propostas de desenvolvimentos futuros

Na sequência deste trabalho são apresentadas algumas propostas de trabalhos futuros que podem complementar e dar continuidade a esta dissertação de mestrado.

Na verdade, este trabalho compreendeu o estudo da térmica de edifícios analisando os envidraçados, sendo finalizado com uma análise económica onde se pode ver o período de retorno do investimento. No entanto entende-se ser possível complementar este trabalho com possíveis temas que se sugerem nos seguintes pontos:

- Tendo em conta que este estudo se centrou apenas numa zona climática que corresponde ao concelho de Maia I2 V1, seria interessante analisar outras zonas climáticas de Portugal;
- Entende-se ser importante fazer a análise do ciclo de vida das caixilharias, que abrange a conceção produção, instalação, manutenção e o fim de vida das mesmas. Esses aspetos são importantes tendo em conta que existem diversos tipos de materiais que compõem uma janela, como seja o caixilho e vidro sendo importante analisar desde a energia incorporada nos materiais como também o impacto no ambiente no fim de vida das janelas (sua reciclagem). Através desta proposta seria possível analisar todo o ciclo de vida da caixilharia quer seja no plano económico mas também no aspeto ambiental. Dessa forma permite-se saber o custo global, sendo que este tipo de informação pode ser determinante em última análise no processo de decisão aquando da escolha de uma janela;
- Entende-se pertinente desenvolver melhor o tema da standardização das caixilharias analisando-se os benefícios tanto para a indústria da construção civil como também da caixilharia. Para além disso, entende-se ser necessário realizar um estudo mais aprofundado das necessidades do países da União Europeia como foi o exemplo retratado neste trabalho do caso Francês, mas também de economias emergentes como o caso do Brasil, Angola entre outros países, podendo-se assim tirar conclusões para possíveis respostas a essas necessidades da indústria da caixilharia. O referido anteriormente vem ao encontro de uma avaliação da possibilidade de exportação de janelas por parte do nosso país, segundo as exigências normativas desses outros países.

Bibliografia

ABAI (2012). Manual de Portas e Janelas de Alumínio. [Em linha]. Disponível em <http://www.abal.org.br/servicos/manuais/portasejanelas/Manual.htm> [Consultado em 22/12/2012].

(ADENE sd.). Classes de Desempenho Energético. [Em linha]. Disponível em <http://www.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SCE/Apresentacao/ProcessodaCertificacao/Paginas/Classesdedesempenhoenergetico.aspx> [Consultado em 4/11/2012]. Agência para a Energia.

ADENE (2009). Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE). [Em linha]. Disponível em http://www.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SCE/Introducao/Documents/SCE_Geral2.pdf [Consultado em 06/06/2012]. Agência para a Energia.

ADENE (2009a). Perguntas e respostas sobre o SCE. [Em linha]. Disponível em http://www.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SCE/PerguntasRespostas/Documents/PR_SCE_Verso_12_Mar_2009.pdf [Consultado em 11/06/2012]. Agência para a Energia.

ADENE (2011). Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). [Em linha]. Disponível em <http://www.adene.pt/pt-pt/legislacao/em-casa/Paginas/RCCTE.aspx> [Consultado em 11/6/2012]. Agência para a Energia.

ADENE (2011a). Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE). [Em linha]. Disponível em <http://www.adene.pt/pt-pt/legislacao/em-casa/Paginas/RSECE.aspx> [Consultado em 7/6/2012]. Agência para a Energia.

ADENE. (2012). *Guia da Eficiência Energética*. ADENE- Agência para a Energia.

ADENE (2012a). EPBD e as implicações para Portugal. [Em linha]. Disponível em [http://www.lneg.pt/download/5664/EPBD%20\(recast\)%20e%20as%20implica%20es%20para%20Portugal%20-%20Paulo%20Santos.pdf](http://www.lneg.pt/download/5664/EPBD%20(recast)%20e%20as%20implica%20es%20para%20Portugal%20-%20Paulo%20Santos.pdf) [Consultado em 10/12/2012].

ADENE (2012b). Método de Cálculo para a Certificação Energética de Edifícios Existentes no âmbito do RCCTE (ME) –Tema 2 Estudo de Medidas de Melhoria. [Em linha]. Disponível em http://www.adene.pt/pt-pt/form/RCCTE/Documents/Tema%202_Medid%20Melh_ME_C90e91e%20C47e48.pdf [Consultado em 5/11/2012]. Agência para a Energia.

ADENE (2013). Etiquetagem energética de janelas (SEEP). [Em linha]. Disponível em http://www.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SEEP/SEEP_Janelas/Documents/SEEP%20Janelas_V3.0.pdf [Consultado em 21/1/2013]. Agência para a Energia.

Agrela, A. (2011). *Quantificação do Coeficiente de Transmissão Térmica de Vãos Envidraçados*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Alley, R.; (et al.), (2011). *Population: One Planet, Too Many People?. Institution of Mechanical Engineers*. London.

ANFAJE (2012). Marcação CE de janelas e portas exteriores. [Em linha]. Disponível em http://www.anfaje.pt/conteudo.aspx?lang=pt&id_class=194&name=Marcacao-CE [Consultado em 6/09/2012].

APA (2012). *Cumprir Quioto.pt-Avaliação do cumprimento do Protocolo de Quioto*. Amadora, edição Agência Portuguesa do Ambiente.

Apsol (2007). Estores - Brisa Solar. [Em linha]. Disponível em <http://www.estoresapsol.com/cgi-bin/estores.asp?tipo=Brisa%20Solar> [Consultado em 3/1/2013].

Apsol (2007a). Estores de Rolo. [Em linha]. Disponível em <http://www.estoresapsol.com/cgi-bin/estores.asp?tipo=Rolo> [Consultado em 3/1/2013].

Arbelux (2013). Produtos Línea ABX 45. [Em linha]. Disponível em http://www.aberlux.com/productos_aberlux_linea_abx_45.html [Consultado em 3/5/2013].

(Aro sd.). Produtos janelas 200. [Em linha]. Disponível em <http://www.arodesenho.com/produutos-janelas-200.php> [Consultado em 29/12/2012].

ATKearney e INESC Porto. (2012). Recomendações para uma estratégia sustentável de eficiência energética e exploração de energias renováveis para Portugal. [Em linha]. Disponível em http://www2.inescporto.pt/SEE_JAN2012.pdf/ [Consultado em 16/6/2012].

Barbosa, C. (2010). *Controlo de Qualidade em Caixilharias de Alumínio*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro.

Camelo, S; (et al.). (2006). *Manual de apoio à aplicação do RCCTE*. Lisboa, INETI.

Casa certificada (2012). Qualidade do Ar Interior. [Em linha]. Disponível em <http://www.casacertificada.pt/empresas/area/qualidade-do-ar-interior> [Consultado em 3/11/2012].

Coelho, P. (2011). *Análise do RCCTE no contexto da regulamentação Europeia*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

Comissão Europeia (2011). Roteiro para a Energia 2050. [Em linha]. Disponível em <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0885:FIN:PT:PDF> [Consultado em 22/10/2012].

Construção Sustentável (2012). Proporção Adequada das Áreas Envidraçadas. [Em linha]. Disponível em <http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?/O-Livro-|-Construcao-Sustentavel/Eficiencia-Energetica/Proporcao-Adequada-das-Areas-Envidracadas> [Consultado em 3/09/2012].

Construção Sustentável (2012a). *Caixilharias de Qualidade*. [Em linha]. Disponível em <http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?/O-Livro-||-Construcao-Sustentavel/Eficiencia-Energetica/Caixilharias-de-Qualidade> [Consultado em 5/09/2012].
Construção Sustentável.

Costa, G. (2012). *A contribuição dos Sistemas Solares Térmicos e Fotovoltaicos para o Balanço Energético dos Edifícios Residenciais Unifamiliares*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

(Deleme janelas, sd.). Guia Térmico: generalidades. [Em linha]. Disponível em http://www.deleme.pt/admin/ficheiros/guia_termico.pdf. [Consultado em 18/11/2012].
Deleme janelas.

(Deleme janelas, sd;a). Ficha técnica T70 SC - Caixilharia em PVC .[Em linha]. Disponível em <http://www.deleme.pt/site/upload/FichatecnicaT70SC.pdf> [Consultado em 18/11/2012]. Deleme janelas.

DGEG (2007). Direção Geral de Energia e Geologia – Formulação de Plano Estratégico (Metodologia BSC). [Em linha]. Disponível em http://groups.ist.utl.pt /unidades/aep/avaliacao- eplaneamento/files/tfc_for_plan_est_BSC.pdf [Consultado em 14/9/2011]. Direção Geral de Energia e Geologia.

DGEG (2012). Eficiência Energética nos Edifícios [Em linha]. Disponível em <http://www.dgge.pt/> [Consultado em 5/5/2012]. Direção Geral de Energia e Geologia.

DGEG/ADENE (2008). Portugal Eficiência 2015-Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética. [Em linha]. Disponível em <http://www.adene.pt/pt-pt/PNAEE/Documents/PortugalEfici%C3%A2ncia2015AnexosConsultaP%C3%BAblica.pdf> [Consultado em 4/10/2012]. Agência para a Energia.

Ecoarkitekt (2012). Vãos Envidraçados – Eficiência Energética. [Em linha]. Disponível em <http://www.ecoarkitekt.com/eficiencia-energetica/vaos-envidracados/> [Consultado em 6/7/2012].

Edifícios Energia (2012). Sistema de Etiquetagem Energética de Produtos (SEEP)- Uma nova etiqueta para as janelas. [Em linha]. Disponível em http://www.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SEEP/Noticias/Documents/EdificiosEnergia85_TCapaSEEP.pdf [Consultado em 14/9/2012].

EDP (2009). Sustentabilidade: Fontes de Energia [Em linha]. Disponível em <http://www.edp.pt/pt/sustentabilidade/ambiente/alteracoesclimaticas/saibamais/Pages/FontesdeEnergia.aspx> [Consultado em 9/11/2012].

EDP (2012). Revolução Energética. [Em linha]. Disponível em http://www.a-nossa-energia.edp.pt/mais_melhor_energia/revolucao_energetica.php [Consultado em 7/11/2012].

EDP (2013). Certificação energética de edifícios: Recomendações. [Em linha]. Disponível em <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:L7m6riDNiQJ:www.eco.edp.pt/pt/particulares/conhecer/guia-pratico-para-a-casa-eficiente/recomendacoes+&cd=1&hl=pt-PT&ct=clnk&gl=pt> [Consultado em 3/1/2013].

EDP (2013a). Recomendações Eco EDP: Importância da orientação do edifício no consumo de energia. [Em linha]. Disponível em <http://www.eco.edp.pt/pt/particulares/conhecer/guia-pratico-para-a-casa-eficiente/recomendacoes> [Consultado em 4/1/2013].

ENE 2020 (2010). Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010. Portugal, Diário da República – I série - A.

Energuaia (2012). *Casas Inteligentes para Consumidores Inteligentes, Guia de eficiência Energética nos Edifícios*. 6.ª Edição, Porto, Engenho e Media LDA.

EPBD (16 de Dezembro de 2002), Diretiva 2002/91/CE. *Diretiva 2002/91/CE) do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios*. Bruxelas, Jornal Oficial das Comunidades Europeias.

EPBD (19 de Maio de 2010), Diretiva 2010/31/UE. *Diretiva 2010/31/UE) do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação).* Estrasburgo, Jornal Oficial das Comunidades Europeias.

ERSE (2013). Preços de Referência no Mercado Liberalizado de Energia Elétrica e Gás Natural em Portugal Continental (última atualização 11 de março). [Em linha]. Disponível em http://www.erse.pt/pt/Simuladores/Documents/Pre%C3%A7osRef_BTN.pdf [Consultado em 13/3/2013].

(Estores e Cortinados Meneses sd.). Estores Brisa Solar .[Em linha]. Disponível em <http://www.estoresecortinados.com/estores/estores-brisa-solar/#!> [Consultado em 3/01/2013].

Eurostat (2012). Energy, transport and environment indicators .[Em linha]. Disponível em http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-DK-12-001/EN/KS-DK-12-001-EN.PDF [Consultado em 8/01/2013]. Eurostat, União Europeia.

Eurostat (2012a). Números para o futuro: 20 anos de desenvolvimento sustentável na Europa?. [Em linha]. Disponível em <https://infoeuropa.euroid.pt/registo/000049956/documento/0001/> [Consultado em 10/10/2012]. Eurostat, Comissão europeia.

Extrusal (2011). Marcação CE. [Em linha]. Disponível em <http://www.extrusal.pt/index.php?id=99> [Consultado em 20/6/2012]. Extrusal - Companhia Portuguesa de Extrusão, S.A.

Extrusal (2011a). Tratamento de superfícies anodização e lacagem . [Em linha]. Disponível em <http://www.extrusal.pt/index.php?id=90>. [Consultado em 20/6/2012]. Extrusal – Companhia Portuguesa de Extrusão, S.A.

Extrusal (2011b). Rutura de Ponte Térmica - RPT. [Em linha]. Disponível em <http://www.extrusal.pt/index.php?id=102> [Consultado em 29/12/2012]. Extrusal - Companhia Portuguesa de Extrusão, S.A.

Extrusal (2011c). Sistema de Sombreamento F.016. [Em linha]. Disponível em <http://www.extrusal.pt/index.php?id=96&pf=52&pag=2> [Consultado em 29/12/2012], Extrusal - Companhia Portuguesa de Extrusão, S.A.

Exxon Mobil (2012). Panorama Energético: Perspectivas para 2040. [Em linha]. Disponível em http://www.exxonmobil.com.br/BrazilPortuguese/PA/Files/Panorama_Energetico_Perspectivas2040.pdf [Consultado em 6/9/2012].

Fee.ADENE (2012). Aviso 03 - Edifício Eficiente 2012. [Em linha]. Disponível em <http://fee.adene.pt/avisos/Paginas/Aviso-03-Edif%C3%ADcio-Eficiente-2012.aspx> [Consultado em 7/12/2012].

Finstral (2013). Sistemas de janelas e portas em PVC-Alumínio. [Em linha]. Disponível em <http://www.finstral.com/web/pt/Janelas-e-Portas/PVCAlum%C3%AADnio-U1257436055381U.html> [Consultado em 14/1/2013].

Finstral (2013a). Janelas e portas de Madeira-Alumínio. [Em linha]. Disponível em <http://www.finstral.com/web/pt/Janelas-e-Portas/Madeira-Alum%C3%ADnio-U1290423501563U.html> [Consultado em 14/1/2013].

Finstral (2013b). Sistema moderno e prático de abertura e arejamento. [Em linha]. Disponível em <http://www.finstral.com/web/pt/Vantagens-FINSTRAL/PVC-e-PVC-Alum%C3%ADnio/Sistema-moderno-e-pr%C3%AADtico-de-abertura-e-arejamento-U1257490913240U.html> [Consultado em 15/1/2013].

(Freitas, M. Andrade, C. sd.). *Alterações Climáticas e Impactos na Linha de Costa*. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Ganhão, A. (2011). *Construção Sustentável - Propostas de melhoria da eficiência energética em edifícios de habitação*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

(Gobar sd.). O que é a Rotura Térmica [Em linha]. Disponível em http://www.gobar.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=83&Itemid=89 [Consultado em 5/11/2012].

Gomes, J e Rodrigues, A. (2011). *Análise do ciclo de vida das caixilharias: um estudo comparativo*. Caixiave – Indústria de Caixilharia, S.A e Instituto Superior Técnico/DECivil/Secção de Construção.

Gonçalves, H. (2011). Sustentabilidade e o Edifício de Balanço Quase Zero-Conceito do NZEB: Desafios em Portugal face à nova Diretiva. [Em linha]. Disponível em. <http://www.lneg.pt/divulgacao/eventos/311> [Consultado em 5/6/2012].

Gonçalves, H. e Graça, J. (2004). *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*. DGGE / IP-3E, Lisboa;

(Grupo Sosoares. sd.). Estudo da térmica RCCTE [Em linha]. Disponível em http://www.grupososoares.eu/arq/fich/Estudo_T_rmica.pdf [Consultado em 5/11/2012]. Grupo Sosoares.

Guardian Sunguard (2010) Manual Técnico - Vidro .[Em linha]. Disponível em http://www.sa.pt.sunguardglass.com/cs/groups/sunguardsouthamerica/documents/web_assets/gi_002781.pdf [Consultado em 10/10/2012].

Guide de la fenêtre (2013). Dimension de vos fenêtres : de série dans 90% des cas. [Em linha]. Disponível em http://www.guide-de-la-fenetre.com/fenetre_tout_comprendre/dimensions_fenetre_standard_sur_mesure [Consultado em 12/01/2013].

IEA (International Energy Agency). (2011). *World Energy Outlook*. França.

IEA (International Energy Agency), (2012). Key World Energy Statistic. [Em linha]. Disponível em <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/name,31287,en.html> [Consultado em 6/9/2012]. Agência Internacional de Energia.

INE (2011). *Estatísticas do Ambiente 2010*. Lisboa, Instituto Nacional de Estatística.

INE, I.P; DGEG. (2011). *Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico 2010*.Lisboa- Portugal.

Isolani, P.; (et al.), (2008). *Eficiência Energética nos Edifícios Residenciais (Manual do Consumidor) - EnerBuilding.eu Energy Efficiency*. Lisboa, Deco.

ITeCons (2010) Sistema de Etiquetagem de janelas (no âmbito do SEEP). [Em linha]. Disponível em <http://www.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SEEP/Profissionais/Documents/Regras%20para%20prot%C3%B3tipo.pdf> [Consultado em 8/1/2013] Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da construção, Universidade de Coimbra.

Lapeyre (2012). Menuiseries extérieures. [Em linha]. Disponível em <http://www.lapeyre.fr/catalogue.html?univers=cata-ext&page=1> [5/10/2012].

LNEC (2006). *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios- ITE 50*. Lisboa, LNEC.

LNEC (2011). *Perguntas Frequentes-FAQS-EN14351-1:2006+A1:2010*. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

LNEG (2010). Edifício Solar XXI. [Em linha]. Disponível em http://www.lneg.pt/download/4079/BrochuraSolarXXI_Maio2010.pdf [7/12/2012]. Laboratório Nacional de Energia e Geologia.

LNEG (2012). Edifícios de balanço energético zero. [Em linha]. Disponível em <http://www.lneg.pt/iedt/areas/3/temas/16> [7/12/2012]. Laboratório Nacional de Energia e Geologia.

(Macica, sd.). Janelas Tradicionais Portuguesas. [Em linha]. Disponível em http://www.macica.pt/jan_trad.html [Consultado em 17/12/2012].

Martins, A. (2009). *Reabilitação térmica e energética de vãos envidraçados- As actuais exigências regulamentares*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Matias, L. (2001). *Avaliação do Desempenho Térmico de Proteções Reflectantes aplicadas em Coberturas Inclinadas*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa;

Mendes, P. (2012). *Isolamentos Térmicos em Edifícios e seu Contributo para a Eficiência Energética*. Dissertação de Mestrado, Universidade Fernando Pessoa, Porto.

Mendes, V. (2011). *Quantificação do coeficiente de transmissão térmica de vãos envidraçados – Modelo de cálculo*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Mendonça, P. (2005). *Habitar sob uma Segunda Pele: Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados*. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães.

Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento (2011). Boletim Mensal de Economia Portuguesa - N.º 06 junho 2011 [Em linha]. Disponível em <http://www.gpeari.min-financas.pt/analise-economica/publicacoes/ficheiros-do-bmep/2011/junho/BMEP-junho2011.pdf> [Consultado em 3/6/2012].

Morais, J. (2011). Energia Offshore - Conferência Do Atlântico.[Em linha]. Disponível em <http://www.fem.pt/lac/Apresentacoes/29Nov4/edp.pdf> [Consultado em 5/12/2012].

Passos, F. (2011). *A certificação energética e a reabilitação urbana- Seminário Cidades mais Inteligentes*. Braga, ADENE – Agência para a Energia.

Pereira, P. (2009). *Construção Sustentável: o desafio*. Monografia em Engenharia Civil. Universidade Fernando Pessoa.

(Persianasbrasil. sd.). Vitro basculante. [Em linha]. Disponível em <http://www.persianasbrasil.com.br/vitro-janela-basculante.php> [Consultado em 13/10/2012].

Pinheiro, M. (2006). *Ambiente e construção sustentável*. Instituto do Ambiente. Amadora.

PNAC (2001). Programa Nacional Alterações Climáticas. [Em linha]. Disponível em <http://www.escoladaenergia.abae.pt/investiga/docs/pdf/ProgramaNacionalAlteracoesClimaticas.pdf> [Consultado em 13/7/2012].

Quercus (2012). Alterações climáticas - Impactos e Soluções. [Em linha]. Disponível em <http://alteracoesclimaticas.quercus.pt/scid/subquercus/defaultarticleViewOne.asp?categorySiteID=124&articleSiteID=626> [Consultado em 4/1/2013]. Quercus - Associação Nacional de Conservação da Natureza.

Ramalheira, F. (2005). *Manual de boas práticas de escolha de vãos envidraçados- Exigências Funcionais de Vãos Envidraçados*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

RCCTE (N.º67-4 de Abril de 2006). Decreto-Lei n.º 118/98. *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*. Portugal, Diário da República – I série – A.

Rebelo, A. (2009). *Otimização e Dimensionamento de Vãos Envidraçados*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Aveiro, Universidade de Aveiro

RSA. (1983). Decreto – Lei n.º235/83, *Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes*. Portugal, Diário Republica – I série – A.

RSECE (N.º79 de Abril de 2006). Decreto-Lei n.º 79/06. *Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios*. Portugal, Diário da República – I série – A.

(Saint Gobain Glass, sd.). O vidro e o isolamento térmico - Suporte técnico – Glossário [Em linha]. Disponível em http://pt.saint-gobain-glass.com/upload/files/3.1.5_o_vidro_e_o_isolamento_t_rmico.pdf [Consultado em 6/12/2012].

(Saint Gobain Glass, sd; a). Suporte técnico – Glossário. [Em linha]. Disponível em <http://pt.saint-gobain-glass.com/b2b/default.asp?nav1=st&nav2=glossaire> [Consultado em 8/12/2012]

(Saint Gobain Glass, s.d; b). Informações técnicas - O vidro e a radiação solar. [Em linha]. Disponível em http://pt.saint-gobain-glass.com/upload/files/3.1.4_o_vidro_e_a_radia_o_solar.pdf [Consultado em 8/12/2012].

(Saint Gobain Glass, sd; c). Propriedades e funções do vidro– Informações técnicas [Em linha]. Disponível em http://pt.saint-gobain-glass.com/upload/files/3.1.2_propriedades_fisicas.pdf [Consultado em 9/12/2012].

(Saint Gobain Glass s.d; d). Produtos: Vidro Duplo SGG Climaplus Bioclean. [Em linha]. Disponível em <http://pt.saint-gobain-glass.com/b2c/default.asp?nav1=pr&nav2=double%20pane&id=1963> [Consultado em 9/12/2012].

(Saint Gobain Glass sd; e). Produtos vidros – Float. [Em linha]. Disponível em <http://www.saint-gobain-glass.com/FO/pg/pdf/SGG%20PLANILUX%AE.pdf> [Consultado em 6/12/2012].

(Saint Gobain Glass sd; f). Produtos vidros – Vidro duplo – SGG CLIMALIT. [Em linha]. Disponível em <http://www.saint-gobain-glass.com/FO/pg/pdf/SGG%20CLIMALIT%AE.pdf> [Consultado em 9/12/2012].

(Saint Gobain Glass sd; g). Produtos vidros – SGG CLIMAPLUS. [Em linha]. Disponível em <http://www.saint-gobain-glass.com/FO/pg/pdf/SGG%20CLIMAPLUS%AE.pdf> [Consultado em 7/12/2012].

(Saint Gobain Glass sd; h). Produtos vidros – SGG CLIMAPLUS_4S. [Em linha]. Disponível em <http://www.saint-gobain-glass.com/FO/pg/pdf/SGG%20CLIMAPLUS%AE.pdf> [Consultado em 9/12/2012].

Sampaio, O. (2010). A Reabilitação Urbana na Perspectiva da Execução de Obra e Soluções Construtivas Robustas – Construção Sustentável. [Em linha]. Disponível em <http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?/item/162011-orlando-sampaio-sapa> [Consultado em 3/5/2012]. Sapa Portugal.

Santos, A. (2012). *Sistema de inspeção e diagnóstico de caixilharias*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Militar, Lisboa, Instituto Superior Técnico.

Santos, A; (et al.), (2007). *Coordenação Modular e Mutabilidade*. Paraná, Universidade do Paraná.

(Sapa Portugal. sd.). Tratamento de superfície. [Em linha]. Disponível em <http://www.sapagroup.com/pt/company-sites/sapa-building-system-portugal/produtos/generalidades/tratamentos-superficie/> [Consultado em 6/9/2012]. Grupo Sapa.

(Sapa Portugal. sd.a). Janelas de correr: Slimslide TB. [Em linha]. Disponível em <http://www.sapagroup.com/pt/company-sites/sapa-building-system-portugal/produtos/janelas-de-correr/slimslidetb/> [Consultado em 7/9/2012]. Grupo Sapa.

SCE (N.º 78, de 4 de Abril de 2006). Decreto-Lei n.º78/2006 . *Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios*. Portugal, Diário da República – I série – A.

Schuss (2011). Caixilharia-janelas de Madeira com Alumínio. [Em linha]. Disponível em http://www.janelas-pvc.com.pt/Janelas_madeira_aluminio_janelas_madeira_aluminio_janelas_madeira_aluminio.asp [Consultado em 15/3/2013].

Silva (2008). Produtos Plásticos – Persianas. [Em linha]. Disponível em <http://www.sival2.pt/index.php?id=5&aid=1&fid=2> [Consultado em 15/5/2013].

Sirgado, J. (2010). *Análise do Impacte dos Vãos Envidraçados no Desempenho Térmico dos Edifícios*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico de Lisboa, Lisboa.

Sousa, H. (2007). *Contributo para Elaboração de um Sistema de Avaliação e Certificação de Áreas Residenciais*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Lisboa, Universidade Nova de Lisboa.

Tadeu, A; (et al.). (2010). Equipamentos e Ensaio de Portas e Janelas, no Âmbito da MarcaçãoCE. [Em linha]. Disponível em <http://www.ipq.pt/backFiles/EquipamentosEnsaioJanelas.pdf> [Consultado em 10/10/2012].

Teixeira, A. (2005). *Caixilharia de Alumínio*. 1ª Edição. Lisboa, Instituto do Emprego e Formação Profissional.

UE (2007). Adaptação às alterações climáticas. [Em linha]. Disponível em http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/128193_pt.htm [Consultado em 3/9/2012]. União Europeia.

UNFPA (2011). *The State of World Population 2011*. New York. United Nations Population Fund, United Nations.

União Europeia (2011). Estratégia sobre as alterações climáticas até 2020 e posteriormente. [Em linha]. Disponível em http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/128188_pt.htm [Consultado em 4/5/2012].

(Vitro sd.). Vidro isolar Vitro. [Em linha]. Disponível em http://www.cidadepvc.pt/publicacoes/vidros/isolar_por.pdf[Consultado em 20/11/2012].

Weser (2012). Appuis de fenêtre et seuils. [Em linha] Disponível em <http://www.weser.fr/PDF2/mise-en-oeuvre-pose-appuis-de-fenetre-et-seuils-de-porte-weser.pdf> [Consultado em 18/03/2013].

Anexos

Anexo I – Alçados, cortes e plantas do edifício em estudo

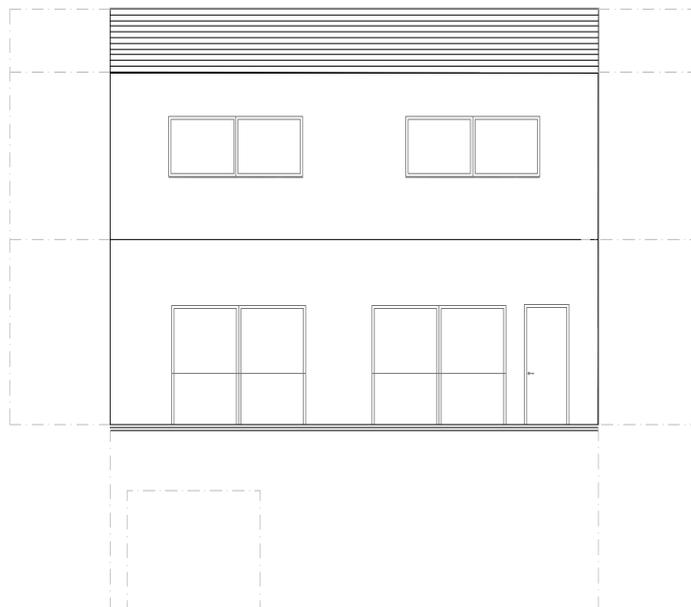


Figura a1 (anexos): Alçado Principal (Sul)

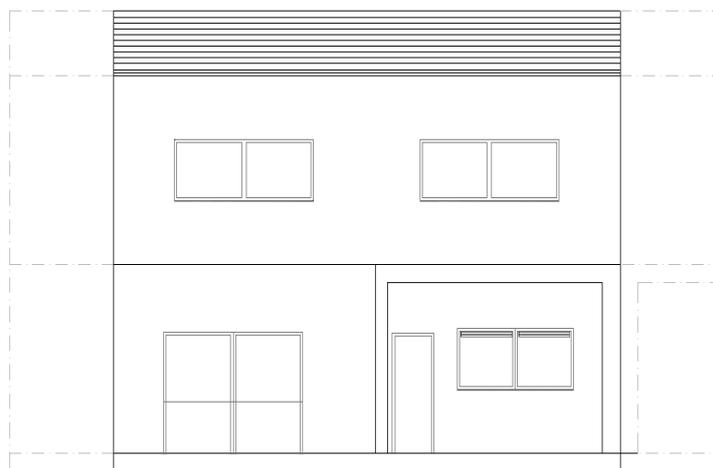


Figura a2 (anexos): Alçado (norte)

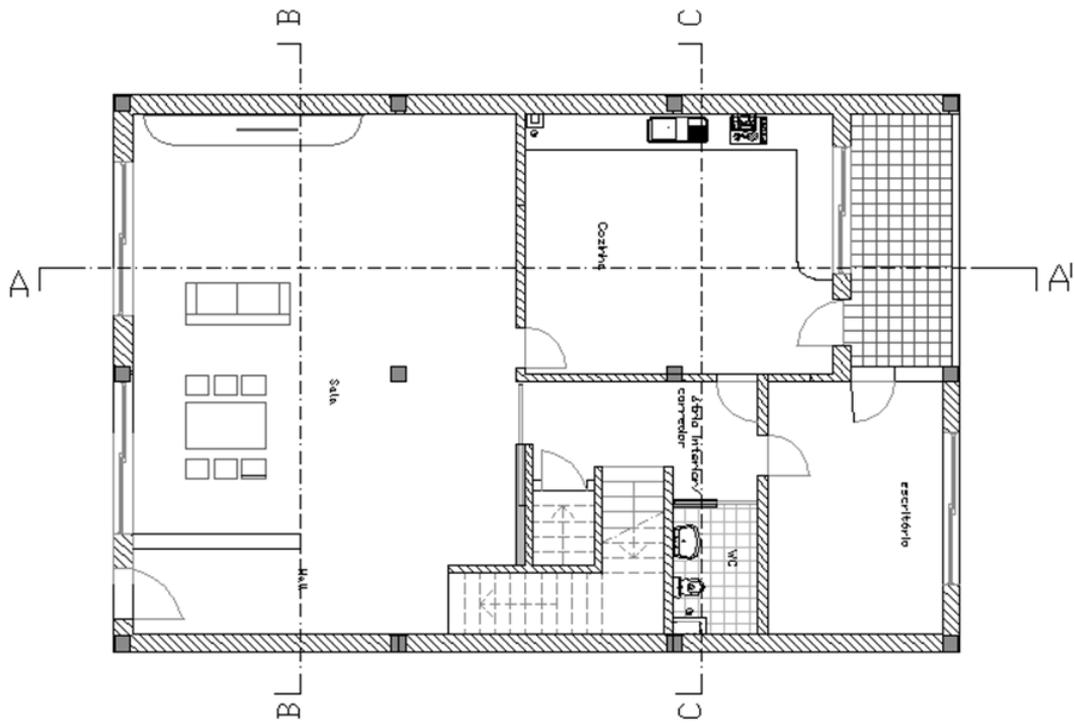


Figura a3 (anexos): Planta Rés-do-chão

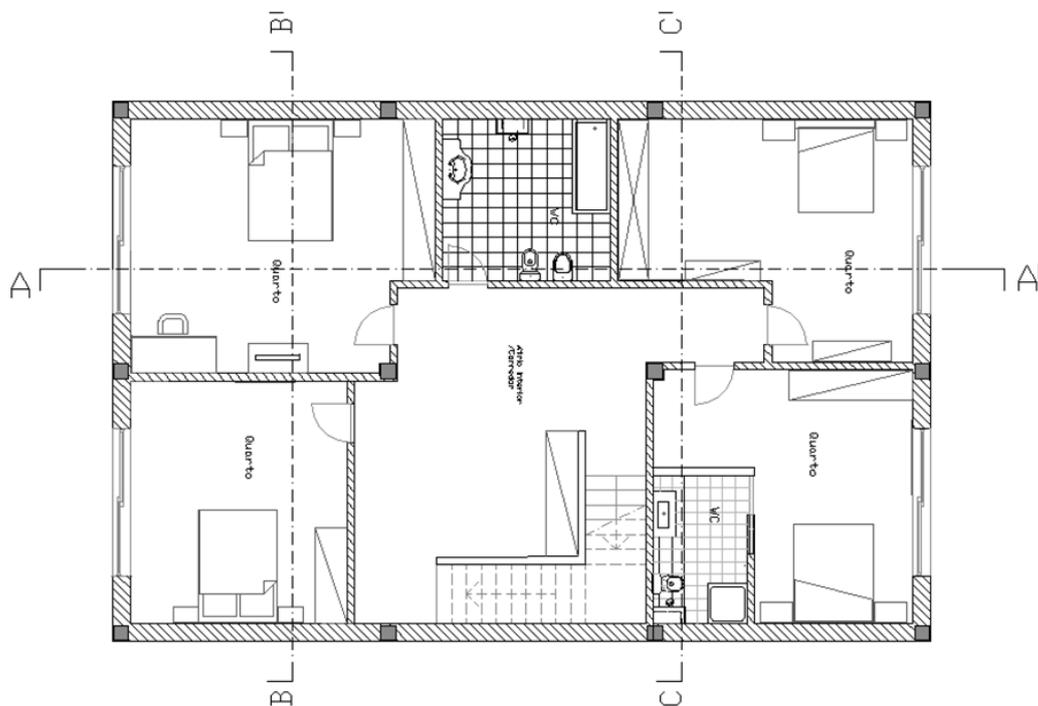


Figura a4 (anexos): Planta Piso 1

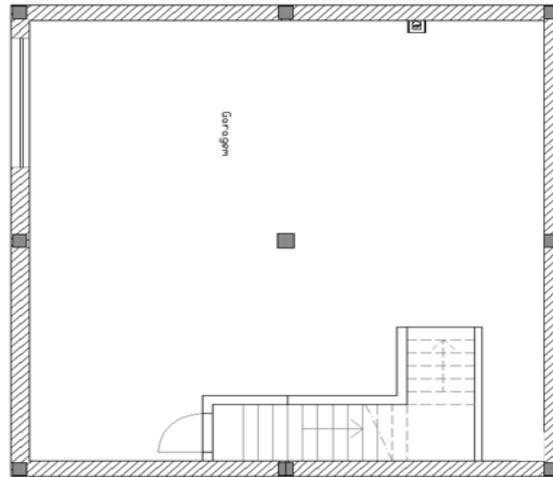


Figura a5 (anexos): Planta Cave (Garagem)

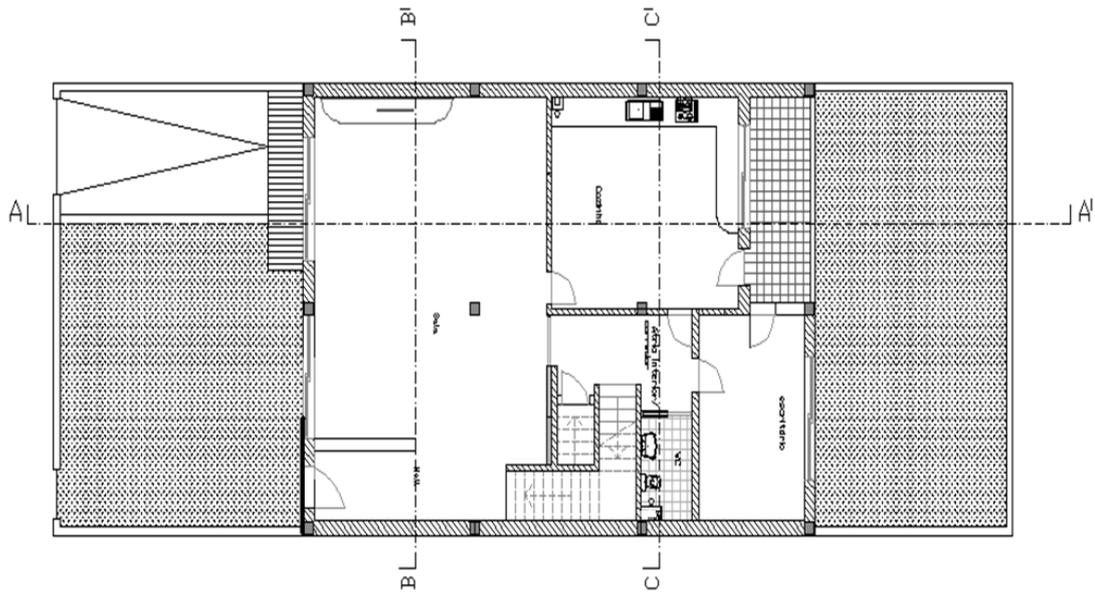


Figura a6 (anexos): Planta Rés-do-chão (Implantação)

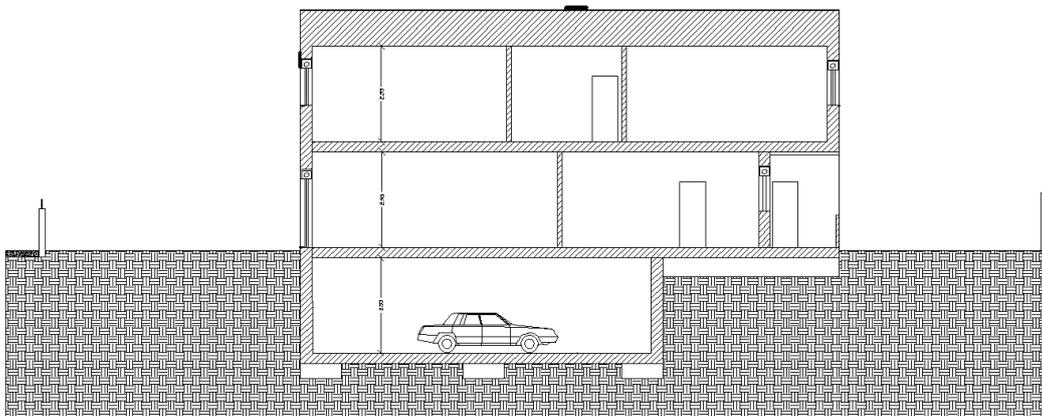


Figura a7 (anexos): Corte longitudinais A-A'

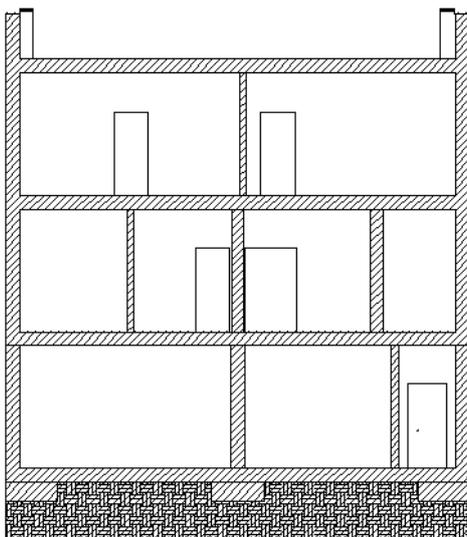


Figura a8 (anexos): Corte B-B'

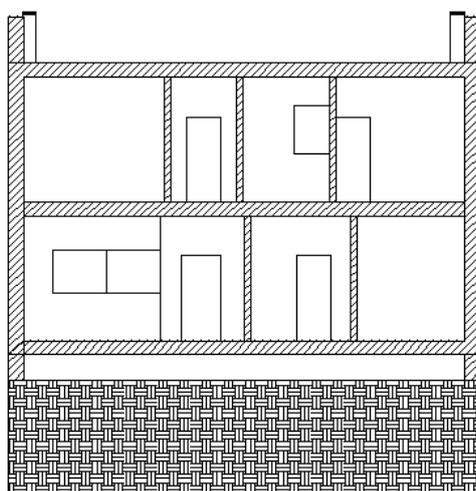


Figura a9 (anexos): Corte C-C'

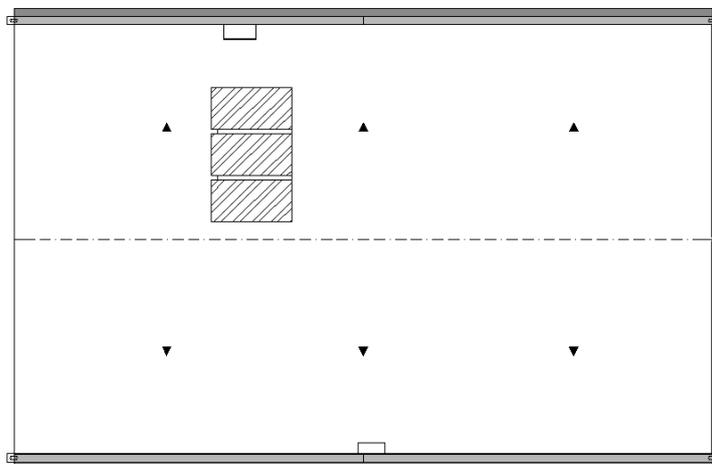


Figura a10 (anexos): Planta da cobertura

Anexo II – Folhas de cálculo com o cumprimento das exigências do RCCTE gerado através do programa Cypeterm (Cx2V2)



Cumprimento das exigências do RCCTE

Caso de Estudo_Ademar _Marcos_ Cx2V2

[Produzido por uma versão educativa de CYPE](#)

ÍNDICE

- 1.- FICHA Nº1**
- 2.- CASO DE ESTUDO MORADIA T4_1**
 - 2.1.- Ficha Nº2**
 - 2.2.- Ficha Nº3**
 - 2.3.- Folhas de cálculo**
 - 2.3.1.- Inverno**
 - 2.3.2.- Verão**
 - 2.3.3.- AQS**
 - 2.3.4.- Energia**
 - 2.3.5.- Cálculo da inércia térmica interior do edifício**

1.- FICHA Nº1

FICHA Nº 1

REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS (RCCTE)

Demonstração da Conformidade Regulamentar para Emissão de Licença ou Autorização Construção (Nos termos da alínea a) do n.º2 do artigo 12.º)

Câmara Municipal de Maia

Edifício: CX_V2

Localização:

Nº de Fracções Autónomas 1 (ou corpos)

Para cada Fracção Autónoma (1) ou corpo, incluir:

Ficha 2 - Levantamento Dimensional

Ficha 3 - Comprovação de Satisfação dos Requisitos Mínimos (2)

Fichas FCI e FCV (Anexos IV e V do RCCTE)

Técnico Responsável:

Nome:

Inscrito na:

Associação nacional dos engenheiros técnicos, com o nº

Data: 21 de Fevereiro de 2013

Anexos:

1. Declaração de reconhecimento de capacidade profissional para aplicação do RCCTE, emitida pela Ordem dos Arquitectos, da Ordem dos Engenheiros ou da ANET.
2. Termo de Responsabilidade do Técnico Responsável, nos termos do disposto na alínea e) do n.º2 do artigo 12.º do RCCTE.
3. Declaração de conformidade regulamentar subscrita por perito qualificado, no âmbito do SCE, nos termos do disposto na alínea f) do n.º2 do artigo 12.º do RCCTE.

(1) Se houver duas ou mais fracções autónomas (FA) exactamente iguais, é suficiente elaborar um único conjunto de Fichas para cada grupo de FA iguais.

(2) Em alternativa, pode ser submetida uma única Ficha 3, comum para todas as Fracções Autónomas de um mesmo edifício, mesmo que haja mais do que uma FA distinta.

Mapa de valores nominais para o edifício

Zona climática I2 V1	Altitude 105 m
Graus-dias 1670 °C.dia Duração Aquec. 7.0 meses Temp. de verão 19 °C	

Fracção autónoma	Ap (m²)	Taxa ren. (RPH)	Nic (kWh/m².a no)	Ni (kWh/m².a no)	Nvc (kWh/m².a no)	Nv (kWh/m².a no)	Nac (kWh/m².a no)	Na (kWh/m².a no)	Ntc (kgep/m².a no)	Nt (kgep/m².a no)
Caso de Estudo Moradia T4_1	285.63	0.85	48.52	74.79	1.54	16.00	2.89	20.70	1.20	3.61

2.- CASO DE ESTUDO MORADIA T4_1

2.1.- Ficha Nº2

Fracção autónoma: Caso de Estudo Moradia T4_1

FICHA Nº 2

REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS (RCCTE)

LEVANTAMENTO DIMENSIONAL

(Nos termos do artigo 12.º, n.º2, alínea b))

(PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA)

(ou para um corpo de um edifício)

EDIFÍCIO/FA: CX_V2 / Caso de Estudo Moradia T4_1

Área útil de pavimento 285.63 m²

Pé direito médio (ponderado) 2.92 m

Elementos correntes da envolvente		
	A (m ²)	U (W/m ² °C)
PAVIMENTOS		
sobre exterior	8.25	0.41
sobre área não-útil	35.63	0.36
	99.74	0.21
	3.34	0.35
	2.51	0.39
	Total 149.47	
PAREDES		
Exteriores	82.84	
Interiores	168.64	0.73
	4.27	0.88
	17.10	0.51
	0.84	0.87
	2.67	0.50
PONTES TÉRMICAS PLANAS		
Pilares paredes ext.	0.00	0.00
Vigas paredes ext.	0.00	0.00
Pontes térmicas planas em paredes interiores	0.00	0.00
P.T. Caixa de estore: P_EXT_N_S	5.64	0.52
P.T. Caixa de estore: P_EXT_N_S	0.56	0.51
	Total 282.56	
COBERTURAS		
terraço	153.61	0.20
desvão		
	não-ventilado	
	ventilado	
inclinadas		
sob área não-útil		
	Total 153.61	

Elementos em contacto com o solo		
	Comprimento (m)	ψ (W/m°C)
Pavimentos		
Paredes		

Pontes térmicas		
	Comprimento (m)	ψ (W/m°C)
FACHADA COM PAVIMENTO		
térreos		
intermédios	34.74	0.10
sobre locais não aquecidos ou exteriores	15.01	0.50
	11.59	0.59
FACHADA COM		
cobertura	20.22	0.50
Varanda		
peitoril/padieira	71.69	0.20
LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES		
	2.81	0.15

COEFICIENTE DE ABSORÇÃO - α	
PAREDE	COBERTURA
0.50	0.50

Paredes (descrição sumária e valor U)	ÁREAS (M ²) POR ORIENTAÇÃO								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
P_EXT_N_S / U = 0.64 W/m ² °C	43.29				33.91	4.19			81.39
PTP_EXT_S_N_(Pilar) / U = 0.65 W/m ² °C					0.85				0.85
PTP_EXT_N_S (Pilar) / U = 0.75 W/m ² °C					0.60				0.60
Vãos envidraçados (especificar incluindo o tipo de protecção solar e valor g.)									
Janela de vidro duplo low.s "unió n vidriera aragonesa", azur.lite cor azul 6/10/4 low.s / Sv = 0.39					10.32				10.32
Janela de vidro duplo low.s "unió n vidriera aragonesa", azur.lite cor azul 6/10/4 low.s / Sv = 0.39	1.47								1.47
Janela de vidro duplo low.s "unió n vidriera aragonesa", azur.lite cor azul 6/10/4 low.s / Sv = 0.39	3.87								3.87
Janela de vidro duplo low.s "unió n vidriera aragonesa", azur.lite cor azul 6/10/4 low.s / Sv = 0.39	4.14				5.52				9.66
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS									

2.2.- Ficha Nº3

Fracção autónoma: Caso de Estudo Moradia T4_1

FICHA Nº 3 REGULAMENTO DAS CARATERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS (RCCTE)

Demonstração de satisfação dos requisitos mínimos para a envolvente de edifícios
(Nos termos da alínea d) do n.º2 do artigo 12.º)

Edifício: CX_V2

Fracção autónoma: Caso de Estudo Moradia T4_1

Inércia térmica: Forte

a) U máximo:

Soluções adoptadas		<u>Valores máximos regulamentares</u>
0.75	Fachadas ext.	1.60 W/m ² °C
0.20	Coberturas ext.	1.00 W/m ² °C
0.41	Pavim. s/ ext.	1.00 W/m ² °C
0.88	Paredes interiores (tau <= 0.7)	2.00 W/m ² °C
0.00	Paredes interiores (tau > 0.7)	1.60 W/m ² °C
0.39	Pavim. inter. (tau <= 0.7)	1.30 W/m ² °C
0.00	Pavim. inter. (tau > 0.7)	1.00 W/m ² °C
0.00	Cobert. inter. (tau <= 0.7)	1.30 W/m ² °C
0.00	Cobert. inter. (tau > 0.7)	1.00 W/m ² °C
0.00	Pontes térm.	0.00 W/m ² °C

b) Factores solares dos envidraçados:

Soluções adoptadas - Verão	<u>Valores máximos regulamentares</u>
tipo de protecção solar: Janela de vidro duplo low.s "unió n vidriera aragonesa", azur.lite cor azul 6/10/4 low.s - Fs: 0.07	0.56
tipo de protecção solar:	0.56

c) Pontes térmicas planas:

Soluções adoptadas - U	<u>Valores máximos regulamentares</u>
0.00 Pilares paredes ext.	1.28 W/m ² °C
0.00 Vigas paredes ext.	1.28 W/m ² °C
0.00 Pontes térmicas planas em paredes interiores (tau <= 0.7)	1.00 W/m ² °C
0.00 Pontes térmicas planas em paredes interiores (tau > 0.7)	1.60 W/m ² °C
0.52 P.T. Caixa de estore: P_EXT_N_S	1.28 W/m ² °C
0.51 P.T. Caixa de estore: P_EXT_N_S	1.28 W/m ² °C

Juntar pormenores construtivos definidores de todas as situações de potencial ponte térmica:

- Caixas de estore
- Ligações entre paredes e vigas
- Ligações entre paredes e pilares
- Ligações entre paredes e lajes de pavimento
- Ligações entre paredes e lajes de cobertura
- Paredes e pavimentos enterrados
- Montagem de caixilharias

Técnico Responsável:

Nome:

Data: 21 de Fevereiro de 2013

Assinatura

2.3.- Folhas de cálculo

2.3.1.- Inverno

Fracção autónoma: Caso de Estudo Moradia T4_1

Folha de cálculo FC IV.1a Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes exteriores	Área (m²)	U (W/m²°C)	U·A (W/°C)
P_EXT_N_S	70.65	0.64	45.22
PTP_EXT_S_N_(Pilar)	0.85	0.65	0.55
P_EXT_N_S	10.74	0.64	6.87
PTP_EXT_N_S_(Pilar)	0.60	0.75	0.45
Porta em fachada	1.74	3.00	5.22
Porta em fachada	1.67	1.90	3.17
Porta em fachada	1.67	1.90	3.17
P.T. Caixa de estore: P_EXT_N_S	5.64	0.52	2.93
P.T. Caixa de estore: P_EXT_N_S	0.56	0.51	0.29
		TOTAL	67.87

Pavimentos exteriores	Área (m²)	U (W/m²°C)	U·A (W/°C)
Laje piso 1	8.25	0.41	3.38
		TOTAL	3.38

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m²)	U (W/m²°C)	τ (-)	U·A·τ (W/°C)
Parede de um pano, com revestimento numa face	0.98	0.51	0.70	0.35
TOTAL				83.57

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m²)	U (W/m²°C)	τ (-)	U·A·τ (W/°C)
Laje térrea com caixa-de-ar	35.63	0.36	0.60	7.70
Laje piso 0	79.13	0.21	0.50	8.31
Laje piso 0	6.38	0.21	0.60	0.80
Laje piso 0	14.23	0.21	0.50	1.50
Laje térrea com caixa-de-ar	3.34	0.35	0.60	0.70
Laje piso 1	2.51	0.39	0.60	0.59
TOTAL				19.59

Coberturas interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m²)	U (W/m²°C)	τ (-)	U·A·τ (W/°C)
TOTAL				0.00

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m²)	U (W/m²°C)	τ (-)	U·A·τ (W/°C)
Porta interior, de madeira	1.67	2.03	0.60	2.03
TOTAL				2.03

Pontes térmicas lineares (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com τ > 0.7) Ligações entre:	Comp. (m)	Ψ (W/m°C)	τ (-)	Ψ·B·τ (W/°C)
TOTAL				0.00

Perdas pela envolvente interior da fracção autónoma

(W/°C) **TOTAL 105.19**

**Folha de cálculo FC IV.1c
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores**

Vãos envidraçados exteriores	Área (m²)	U (W/m²°C)	U·A (W/°C)
<i>Verticais:</i>			
Janela de vidro duplo low.s "unión vidriera aragonesa", azur.lite cor azul 6/10/4 low.s	5.16	1.51	7.79
Janela de vidro duplo low.s "unión vidriera aragonesa", azur.lite cor azul 6/10/4 low.s	5.16	1.51	7.79
Janela de vidro duplo low.s "unión vidriera aragonesa", azur.lite cor azul 6/10/4 low.s	1.47	1.72	2.53
Janela de vidro duplo low.s "unión vidriera aragonesa", azur.lite cor azul 6/10/4 low.s	3.87	1.54	5.96
Janela de vidro duplo low.s "unión vidriera aragonesa", azur.lite cor azul 6/10/4 low.s	2.76	1.62	4.47
Janela de vidro duplo low.s "unión vidriera aragonesa", azur.lite cor azul 6/10/4 low.s	2.76	1.62	4.47
Janela de vidro duplo low.s "unión vidriera aragonesa", azur.lite cor azul 6/10/4 low.s	2.07	1.62	3.35
Janela de vidro duplo low.s "unión vidriera aragonesa", azur.lite cor azul 6/10/4 low.s	2.07	1.62	3.35
<i>Horizontais:</i>			
TOTAL			39.71

Folha de cálculo FC IV.1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área útil de pavimento (A_p)	<input type="text" value="285.63"/>	(m^2)
	x	
Pé direito médio (ponderado)	<input type="text" value="2.92"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="834.04"/>	(m^3)

VENTILAÇÃO NATURAL

Cumprir NP 1037-1? (S ou N) Se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe de caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)

Caixas de estore (S ou N)

Classe de exposição (1, 2, 3 ou 4)

Aberturas auto-reguladas? (S ou N)

Área de envidraçados > 15% A_p ? (S ou N)

Portas exteriores bem vedadas? (S ou N)

Taxa de renovação nominal

RPH =

VENTILAÇÃO MECÂNICA (excluir exaustor de cozinha)

Caudal de insuflação V_{ins} - (m^3/h)

Caudal extraído V_{ev} - (m^3/h)

Diferença entre V_{ins} e V_{ev} (m^3/h)

Infiltrações V_x

Recuperador de calor (S ou N) Se SIM: η =
 Se NÃO: η = 0

Taxa de renovação nominal (Mínimo: 0.6) ($V_f / V + V_x$)

Consumo de electricidade para os ventiladores ($E_v = P_v \cdot 24 \cdot 0,03$ M (kWh))

$V_f =$

$V =$

Volume int. RPH

Volume	<input type="text" value="834.04"/>
	x
Taxa de renovação nominal	<input type="text" value="0.85"/>
	x

		0.34
	x	
		1.00 (1 - η)
	=	
TOTAL		241.04 (W/°C)

Folha de cálculo FC IV.1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área (m ²)	Factor de orientação (-)	Factor solar do vão envidraçado (-)	Factor de obstrução (-)	Fracção envidraçada (-)	Factor de sel. angular (-)	Área efectiva (m ²)
S	Duplo	5.16	1.00	0.39	0.39	0.86	1.00	0.67
S	Duplo	5.16	1.00	0.39	0.39	0.86	1.00	0.67
N	Duplo	1.47	0.27	0.39	1.00	0.60	1.00	0.09
N	Duplo	3.87	0.27	0.39	1.00	0.83	1.00	0.34
S	Duplo	2.76	1.00	0.39	0.36	0.73	1.00	0.28
S	Duplo	2.76	1.00	0.39	0.36	0.73	1.00	0.28
N	Duplo	2.07	0.27	0.39	1.00	0.73	1.00	0.16
N	Duplo	2.07	0.27	0.39	1.00	0.73	1.00	0.16

Área efectiva total equivalente na orientação SUL (m ²)	2.65
	x
Radiação incidente num envidraçado a Sul (G _{sul}) na zona I2 (kWh/m ² .mês)	93.00
	x
Duração da estação de aquecimento (meses)	7.0
	=
Ganhos solares brutos (kWh/ano)	1725.15

Ganhos internos:

Ganhos internos médios		4.00 (W/m ²)
	x	
Duração da estação de aquecimento		7.0 (meses)
	x	
Área útil de pavimento		285.63 (m ²)
	x	
		0.72
	=	
Ganhos internos brutos		5758.30 (kWh/ano)

Ganhos totais úteis:		
$\gamma =$	Ganhos solares brutos + Ganhos internos	7483.45
	Nec. brutas de aquecimento	21227.97
Inércia do edifício:	Forte	$\gamma =$ 0.35
Factor de utilização dos ganhos solares	(η)	0.99
		x
	Ganhos solares brutos + Ganhos internos	7483.45
		=
	Ganhos totais úteis (kWh/ano)	7408.62

Folha de cálculo FC IV.1f
Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

FACTOR DE FORMA	
<i>Das FC IV.1a e 1c: (Áreas)</i>	m ²
Paredes exteriores	94.13
Coberturas exteriores	153.61
Pavimentos exteriores	8.25
Envidraçados exteriores	25.32
<i>Da FC IV.1b: (Áreas equivalentes $A \cdot \tau$)</i>	
Paredes interiores	117.50
Coberturas interiores	0.00
Pavimentos interiores	75.41
Envidraçados interiores	1.00
Área total:	475.22
	/
Volume:	834.04
	=
FF	0.57

Graus-dia no local (°C.dia)

1670

$N_i = 4,5 + 0,0395 \text{ GD}$	para $FF \leq 0.5$
$N_i = 4,5 + (0,021 + 0,037 \text{ FF}) \text{ GD}$	para $0.5 < FF \leq 1$
$N_i = [4,5 + (0,021 + 0,037 \text{ FF}) \text{ GD}] (1,2 - 0,2 \text{ FF})$	para $1 < FF \leq 1.5$
$N_i = 4,05 + 0,06885 \text{ GD}$	para $FF > 1.5$

Nec. nom. de aquecimento máximas - Ni (kWh/m².ano)

75

Folha de cálculo FC IV.2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente exterior	144.67
Envolvente interior	105.19
Vãos envidraçados	39.71
Renovação de ar	241.04

	=
Coefficiente global de perdas (W/°C)	530.61
	x
Graus-dias (°C.dia)	1670
	x
	0.024
	=
Necessidades brutas de aquecimento (kWh/ano)	21266.85
	+
Consumo de electricidade para os ventiladores (kWh/ano)	0.00
	-
Ganhos totais úteis (kWh/ano)	7408.62
	=
Necessidades de aquecimento (kWh/ano)	13858.23
	/
Área útil de pavimento (m²)	285.63
	=
Nec. nominais de aquecimento - Nic (kWh/m².ano)	49
	≤
Nec. nom. de aquecimento máximas - Ni (kWh/m².ano)	75

2.3.2.- Verão

Fracção autónoma: Caso de Estudo Moradia T4_1

Folha de cálculo FC V.1a Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U·A)	67.87	(W/°C)
	+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U·A)	3.38	(W/°C)
	+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U·A)	30.72	(W/°C)
	+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U·A)	39.71	(W/°C)
	+	
Perdas associadas à renovação de ar	241.04	(W/°C)
	=	
Perdas específicas totais	(Q_{1a}) 382.72	(W/°C)

Temperatura interior de referência	25	(°C)
	-	
Temperatura média do ar exterior na estação arrefecimento	19	(°C)
	=	
Diferença de temperatura interior-exterior	6	(°C)
	x	
Perdas específicas totais	(Q_{1a}) 382.72	(W/°C)
	x	
	2.928	
	=	
Perdas térmicas totais	(Q_{1b}) 6723.62	(kWh)

Folha de cálculo FC V.1b
Perdas associadas a coberturas e envidraçados exteriores

Perdas associadas às coberturas exteriores

Coberturas exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
Cobertura plana acessível, não ventilada, com pavimento flutuante, impermeabilização através de lâminas de PVC. (Laje piso 1)	153.61	0.20	30.72
TOTAL			30.72

Perdas associadas aos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
<i>Verticais:</i>			
Janela de vidro duplo low.s "unióñ vidriera aragonesa", azur.lite cor azul 6/10/4 low.s	5.16	1.51	7.79
Janela de vidro duplo low.s "unióñ vidriera aragonesa", azur.lite cor azul 6/10/4 low.s	5.16	1.51	7.79
Janela de vidro duplo low.s "unióñ vidriera aragonesa", azur.lite cor azul 6/10/4 low.s	1.47	1.72	2.53
Janela de vidro duplo low.s "unióñ vidriera aragonesa", azur.lite cor azul 6/10/4 low.s	3.87	1.54	5.96
Janela de vidro duplo low.s "unióñ vidriera aragonesa", azur.lite cor azul 6/10/4 low.s	2.76	1.62	4.47
Janela de vidro duplo low.s "unióñ vidriera aragonesa", azur.lite cor azul 6/10/4 low.s	2.76	1.62	4.47
Janela de vidro duplo low.s "unióñ vidriera aragonesa", azur.lite cor azul 6/10/4 low.s	2.07	1.62	3.35
Janela de vidro duplo low.s "unióñ vidriera aragonesa", azur.lite cor azul 6/10/4 low.s	2.07	1.62	3.35
<i>Horizontais:</i>			
TOTAL			39.71

Folha de cálculo FC V.1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

Orientação	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	Coef. Absor. (α)	U·A·α (W/°C)	Rad. solar (kWh/m ²)	Factor solar	Ganhos solares (kWh)
S	33.91	0.64	0.50	10.85	380	0.04	164.92
S	0.85	0.65	0.40	0.22	380	0.04	3.34
N	10.74	0.64	0.50	3.44	200	0.04	27.48
N	32.55	0.64	0.50	10.41	200	0.04	83.32
W	4.19	0.64	0.50	1.34	420	0.04	22.51
S	0.60	0.75	0.40	0.18	380	0.04	2.74
S	3.84	0.52	0.50	1.00	380	0.04	15.20
N	0.56	0.51	0.50	0.14	200	0.04	1.16
N	1.80	0.52	0.50	0.47	200	0.04	3.76
S	1.74	3.00	0.50	2.61	380	0.04	39.67
N	1.67	1.90	0.50	1.59	200	0.04	12.68
W	1.67	1.90	0.50	1.59	420	0.04	26.63
Horizontal	153.61	0.20	0.50	15.36	730	0.04	448.51
TOTAL							851.92

Folha de cálculo FC V.1d
Ganhos solares pelos envidraçados exteriores

Orientação	Área (m ²)	Factor solar do vão envidraçado	Fracção envidraçada	Factor de obstrução	Factor sel. vidro	Área efectiva (m ²)	RS (kWh/m ²)	Ganhos solares (kWh)
S	10.32	0.17	0.86	0.83	0.75	0.94	380	357.20
N	1.47	0.17	0.60	0.94	0.80	0.11	200	22.00
N	3.87	0.17	0.83	0.99	0.80	0.43	200	86.00
S	5.52	0.17	0.73	0.74	0.75	0.38	380	144.40
N	4.14	0.17	0.73	0.99	0.80	0.41	200	82.00
TOTAL								689.60

Folha de cálculo FC V.1e
Ganhos internos

Ganhos internos médios	4.00	(W/m ²)
	x	
Área útil de pavimento	285.63	(m ²)
	x	
	2.928	
	=	
Ganhos internos totais	3345.30	(kWh)

Folha de cálculo FC V.1f
Ganhos totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos solares pelos envidraçados exteriores	689.60	(kWh)
	+	
Ganhos solares pela envolvente opaca	851.92	(kWh)
	+	
Ganhos internos	3345.30	(kWh)
	=	
Ganhos térmicos totais	4886.82	(kWh)

Folha de cálculo FC V.1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos térmicos totais	<input type="text" value="4886.82"/>	(kWh)
	/	
Perdas térmicas totais	<input type="text" value="6723.62"/>	(kWh)
	=	
γ	<input type="text" value="0.73"/>	
Inércia do edifício	<input type="text" value="Forte"/>	
<hr/>		
	<input type="text" value="1.0"/>	
	-	
Factor de utilização dos ganhos solares, η	<input type="text" value="0.91"/>	
	=	
	<input type="text" value="0.09"/>	
	x	
Ganhos térmicos totais	<input type="text" value="4886.82"/>	(kWh)
	=	
Necessidades brutas de arrefecimento	<input type="text" value="439.81"/>	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor de cozinha excluído)	<input type="text" value="0.00"/>	($E_v = P_v \cdot 24 \cdot 0,03 \cdot 4$ (kWh))
	=	
TOTAL	<input type="text" value="439.81"/>	(kWh/ano)
	/	
Área útil de pavimento	<input type="text" value="285.63"/>	(m ²)
	=	
Necessidades nominais de arrefecimento - Nvc	<input type="text" value="1.54"/>	(kWh/m ² .ano)
	≤	
Necessidades nominais de arref. máximas - Nv	<input type="text" value="16"/>	(kWh/m ² .ano)

2.3.3.- AQS

Fracção autónoma: Caso de Estudo Moradia T4_1

Folha de Cálculo dos Indicadores das AQS

Necessidades de energia para preparação das Águas Quentes Sanitárias

Energia dispendida com sistemas convencionais de preparação de AQS (Q_a)

Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS}	200
$M_{AQS} = 40 \text{ litros} \times n.^\circ \text{ de ocupantes (Quadro VI.1)}$	x
	4187
	x
Aumento da temperatura necessária para preparar as AQS, DT	45
	x
Número anual de dias de consumo de AQS, n_d (Quadro VI.2)	365
	=
	13754295000
	/
	3600000
	=
Energia dispend. com sist. convenc. de preparação de AQS, Q_a [kWh/ano]	3820.64

Necessidades de energia para preparação das AQS (N_{ac})

Energia útil dispendida com sistemas convencionais de AQS, Q_a	3820.64
Valores de referência	
Eficiência de conversão desses sistemas de AQS, η_a	0.950
	=
Σ	4021.72
	-
Contribuição de sist. de colectores solares para o aquec. de AQS, E_{solar} [kWh/ano]	3196.0
	-
Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis para o aquec. de AQS, E_{ren} [kWh/ano]	0.00
	=
	825.72
	/
Área útil de pavimento [m^2]	285.63
	=
Necessidades de energia para preparação das AQS, N_{ac} [kWh/m^2.ano]	2.89

Necessidades de energia máxima para a preparação de AQS, (N_a)

	0.081
	x
Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS}	200
	x
Número anual de dias de consumo de AQS, n_d (Quadro VI.2)	365
	=
	5913.00

	/
Área útil de pavimento [m²]	285.63
	=
Necessid. máx. de energia para a preparação de AQS, Na [kWh/m².ano]	20.70
	≥
Necessidades de energia para preparação das AQS, Nac [kWh/m².ano]	2.89

2.3.4.- Energia

Fracção autónoma: Caso de Estudo Moradia T4_1

Folha de Cálculo dos Indicadores

Valores limites das necessidades nominais de energia útil para aquecimento e para arrefecimento

Conversão de Energia Útil para Energia Primária

Electricidade, F_{pu} [kgep/kWh]	0.290
Combustíveis sólidos, líquidos e gasosos, F_{pu} [kgep/kWh]	0.086

Necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária (Ntc)

Necessidades Nominais de Aquecimento, Nic [kWh/m².ano]	48.52
Valores de referência	
Eficiência nominal do equipamento utilizado p/ o sist. de aquecim., η_i	4.000
Conversão de Energia Útil para Energia Primária, F_{pui}	0.290
Necessidades Nominais de Arrefecimento, Nvc [kWh/m².ano]	1.54
Valores de referência	
Eficiência nominal do equipamento utilizado p/ o sist. de arrefec., η_v	3.000
Conversão de Energia Útil para Energia Primária, F_{puv}	0.290
Necessidades Nominais para preparação de AQS, Nac [kWh/m².ano]	2.89
Valores de referência	
Conversão de Energia Útil para Energia Primária, F_{pua}	0.290
Neces. globais anuais nominais de energia primária, Ntc [kgep/m².ano]	1.20

Necessidades máximas globais anuais nominais específicas de energia primária (Nt)

Necessidades Nominais de Aquecimento Máximas, Ni [kWh/m ² .ano]	74.79
Necessidades Nominais de Arrefecimento Máximas, Nv [kWh/m ² .ano]	16.00
Necessidades Máx. Nominais para preparação de AQS, Na [kWh/m ² .ano]	20.70
Neces. máx. globais anuais nominais de energia primária, Nt [kgep/m ² .ano]	3.61
Neces. globais anuais nominais de energia primária, Ntc [kgep/m ² .ano]	≥ 1.20

2.3.5.- Cálculo da inércia térmica interior do edifício

Fracção autónoma: Caso de Estudo Moradia T4_1

Elemento da construção	M _{si} (kg/m ²)	S _i (m ²)	Factor de correção (r)	M _{si} ·r·S _i (kg)
A - Paredes exteriores ou em contacto com o solo				
P_EXT	150	155.73	1.00	23360.08
P_EXT_N_S	150	81.40	1.00	12210.26
PTP_EXT_S_N_(Pilar)	150	0.85	1.00	128.21
PTP(Pilar)	150	5.12	1.00	767.36
PTP_EXT_N_S (Pilar)	150	0.60	1.00	89.72
B - Coberturas				
Cobertura plana acessível, não ventilada, com pavimento flutuante, impermeabilização através de lâminas de PVC. (Laje piso 1)	150	153.61	1.00	23042.12
C - Pavimentos exteriores, de separação com espaços não úteis ou solo				
Laje térrea com caixa de ar	99	35.63	0.00	0.00
Laje piso 0	150	99.74	1.00	14961.12
Laje térrea com caixa de ar	80	3.34	0.00	0.00
Laje piso 1	150	10.76	1.00	1614.13
D - Paredes entre fracções				
Coretes		6.66	0.00	0.00
Parede de um pano, com revestimento numa face	12	17.11	1.00	211.71
Coretes	18	6.25	1.00	112.43
Parede de um pano, com revestimento numa face	65	2.67	0.50	86.86
E - Paredes e pavimentos interiores				
Laje piso 1	300	128.29	1.00	38486.98
Tijolo cerâmico (11cm)	154	85.01	1.00	13053.16
Parede de um pano, com revestimento numa face	97	3.72	0.75	269.85
Parede de um pano, com revestimento numa face	119	6.40	0.75	573.24
Tijolo cerâmico (11cm)	131	71.51	1.00	9354.23
Total				138321.47

$$\frac{\text{Total}}{\text{Área útil de pavimento (m}^2\text{)}} = \frac{138321.47}{285.6}$$

$$\text{Massa superficial útil por m}^2 \text{ de área de pavimento} = 484.27$$

$$\text{Classe de Inércia Térmica} = \text{FORTE}$$

Classificação energética

R = 0.33



Nota: A classificação energética de edifícios de habitação (com e sem sistemas de climatização) e pequenos edifícios de serviços sem sistemas de climatização ou com sistemas de climatização inferior a 25 kW de potência instalada, é calculada a partir da expressão $R = N_{tc} / N_t$, em que "N_{tc}" representa as necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes e o "N_t" o valor limite destas. Na tabela seguinte apresenta-se a escala utilizada na classificação energética deste tipo de edifícios.

Classe energética	R = N _{tc} / N _t
A+	R ≤ 0.25
A	0.25 < R ≤ 0.5
B	0.5 < R ≤ 0.75
B-	0.75 < R ≤ 1.00
C	1.00 < R ≤ 1.50
D	1.50 < R ≤ 2.00
E	2.00 < R ≤ 2.50
F	2.50 < R ≤ 3.00
G	3.00 < R

Emissão de CO₂

As emissões anuais de gases de efeito estufa associadas à energia primária para climatização e águas quentes são de 0.4113 toneladas de CO₂ equivalentes por ano.

Anexo III – Caracterização das soluções construtivas do edifício

1.- Sistema da Envolvente

- 1.1.- Pavimentos em contacto com o terreno
 - 1.1.1.- Lajes térreas ventiladas
- 1.2.- Muros em contacto com o terreno
- 1.3.- Fachadas
 - 1.3.1.- Parte opaca das fachadas
 - 1.3.2.- Aberturas em fachada
- 1.4.- Paredes meeiras
- 1.5.- Coberturas
 - 1.5.1.- Parte maciça das coberturas planas
- 1.6.- Pavimentos em contacto com o exterior

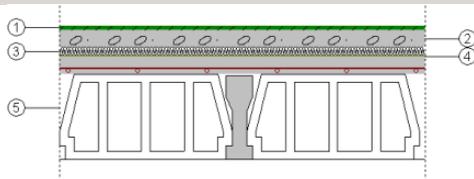
2.- SISTEMA DE COMPARTIMENTAÇÃO

- 2.1.- Compartimentação interior vertical
 - 2.1.1.- Parte opaca da compartimentação interior vertical
 - 2.1.2.- Aberturas verticais interiores
- 2.2.- Compartimentação interior horizontal

3.- MATERIAIS

1.1.- Pavimentos em contacto com o terreno

Piso 0 -Laje térrea- Lajes térreas ventiladas (Cozinha/Quarto de banho/ Escritório (sala))

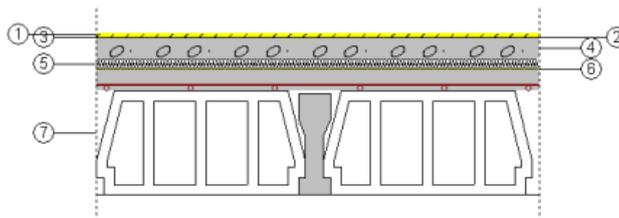


Listagem de camadas:

1 - Cerâmica vidrada/grés cerâmico	1 cm
2 - Base de argamassa autonivelante de cimento	4 cm
3 - Poliestireno expandido elastificado com grafite	2 cm
4 - Argamassa autonivelante de cimento	0.2 cm
5 - Laje aligeirada 20+4 cm (Abobadilha de EPS moldada faceada)	24 cm
Espessura total:	31.2 cm

Comportamento térmico (RCCTE)	$U_{\text{arrefecimento}}: 0.37 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ (Para um comprimento característico $B' = 3.6 \text{ m}$)
Pormenor de cálculo ($U_{\text{arrefecimento}}$)	Superfície da laje, A: 58.92 m^2 Massa superficial: $275.93 \text{ kg}/\text{m}^2$ Massa superficial do elemento base: $176.13 \text{ kg}/\text{m}^2$

Piso 0 - Laje térrea com caixa de ar (corredor)



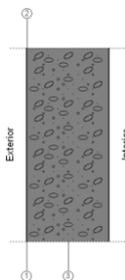
Listagem de camadas:

1 - Pavimento laminado	0.7 cm
2 - Lâmina de espuma de polietileno de alta densidade	0.3 cm
3 - Barreira de vapor constituída por filme de polietileno	0.02 cm
4 - Base de argamassa autonivelante de cimento	4 cm
5 - Poliestireno expandido elastificado com grafite	2 cm
6 - Argamassa autonivelante de cimento	0.2 cm
7 - Laje aligeirada 20+4 cm (Abobadilha de EPS moldada faceada)	24 cm
Espessura total:	31.22 cm

1.2.- Muros em contacto com o terreno

Muro de cave com impermeabilização exterior

Superfície total 87.15 m²



Listagem de camadas:

1 - Lâmina drenante nodular, com geotêxtil	0.06 cm
2 - Emulsão asfáltica	0.1 cm
3 - Muro de cave de betão armado	25 cm
4 - Tinta plástica	---
Espessura total:	25.16 cm

Comportamento térmico (RCCTE)

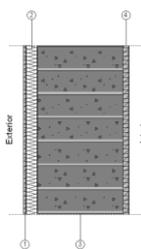
U: 0.80 W/(m²·°C)

(Para uma profundidade de -2.7 m)

Massa superficial: 625.90 kg/m²

P_EXT_N_S

Superfície total 84.51 m²



Listagem de camadas:

1 - Argamassa e reboco não tradicional	0.8 cm
2 - Poliestireno expandido (EPS)	4 cm
3 - Bloco de betão normal (400x200x300)	30 cm
4 - Estuque projectado ou fino ou de elevada dureza	2 cm
5 - Tinta plástica	---

Espessura total: 36.8 cm

Comportamento térmico (RCCTE)

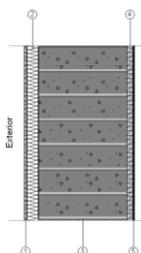
U: 0.65 W/(m²·°C)

1.3.- Fachadas

1.3.1.- Parte opaca das fachadas

P_EXT_N_S

Superfície total 11.73 m²



Listagem de camadas:

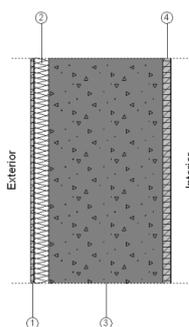
1 - Argamassa e reboco não tradicional	0.8 cm
2 - Poliestireno expandido (EPS)	4 cm
3 - Bloco de betão normal (400x200x300)	30 cm
4 - Argamassa e reboco tradicional	2 cm
5 - Ladrilhamento com ladrilhos cerâmicos, colocados com argamassa de cimento branco BL-II/A-L 42,5 R	0.5 cm

Espessura total:

37.3 cm

PTP_EXT_N_S (Pilar)

Superfície total 0.77 m²



Listagem de camadas:

1 - Argamassa e reboco não tradicional	0.8 cm
2 - Poliestireno expandido (EPS)	4 cm
3 - Betão armado com % armadura < 1 %	30 cm
4 - Estuque projectado ou fino ou de elevada dureza	2 cm
5 - Tinta plástica	---
Espessura total:	36.8 cm

1.3.2.- Aberturas em fachada

Porta exterior, blindada

Bloco de porta de entrada blindada normalizada, com vão de passagem 85,6 cm e altura de passagem 203 cm, acabamento com painel liso em ambas as faces em madeira de nogueira.

Dimensões

Largura x Altura: **85.6 x 203 cm**

Caracterização térmica

Transmitância térmica, U: 3.00 W/(m².°C)

Absortividade, α_s : 0.6 (cor intermédio)

Porta exterior, de madeira

Porta de entrada de 203x82,5x4 cm, folha entabuamento de madeira maciça, de pinho melis, entabuamento horizontal.

Dimensões

Largura x Altura: **82.5 x 203 cm**

nº uds: **2**

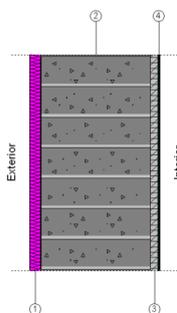
Caracterização térmica

Transmitância térmica, U: 1.90 W/(m².°C)

Absortividade, α_s : 0.6 (cor intermédio)

1.4.- Paredes meeiras

P_EXT- Paredes meeiras



Listagem de camadas:

1 - Espuma rígida de poli-isocianurato projectado (PUR)	3 cm
2 - Bloco de betão normal (400x200x300)	30 cm
3 - Argamassa e reboco tradicional	2 cm
4 - Ladrilhamento com ladrilhos cerâmicos, colocados com argamassa de cimento branco BL-II/A-L 42,5 R	0.5 cm
Espessura total:	35.5 cm

Comportamento térmico (RCCTE)

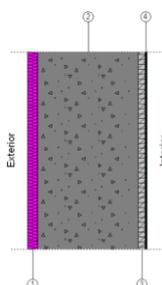
U: 0.73

W/(m².°C)

Massa superficial: 387.65 kg/m²

Massa superficial do elemento base: 335.10 kg/m²

PTP(Pilar)



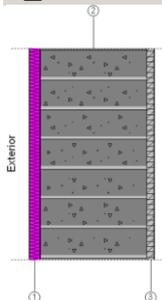
Listagem de camadas:

- | | |
|---|--------|
| 1 - Espuma rígida de poli-isocianurato projectado (PUR) | 3 cm |
| 2 - Betão armado com % armadura < 1 % | 30 cm |
| 3 - Argamassa e reboco tradicional | 2 cm |
| 4 - Ladrilhamento com ladrilhos cerâmicos, colocados com argamassa de cimento branco BL-II/A-L 42,5 R | 0.5 cm |

Espessura total: 35.5 cm

Comportamento térmico (RCCTE) U: 0.87 W/(m²·°C)
 Massa superficial: 772.55 kg/m²
 Massa superficial do elemento base: 720.00 kg/m²

P_EXT



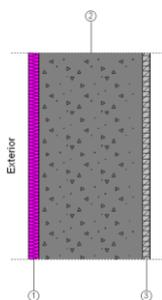
Listagem de camadas:

- | | |
|---|-------|
| 1 - Espuma rígida de poli-isocianurato projectado (PUR) | 3 cm |
| 2 - Bloco de betão normal (400x200x300) | 30 cm |
| 3 - Argamassa e reboco tradicional | 2 cm |

Espessura total: 35 cm

Comportamento térmico (RCCTE) U: 0.73 W/(m²·°C)
 Massa superficial: 376.15 kg/m²
 Massa superficial do elemento base: 335.10 kg/m²

PTP(Pilar)



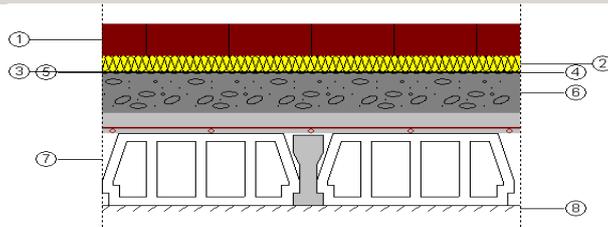
Listagem de camadas:

- | | |
|---|-------|
| 1 - Espuma rígida de poli-isocianurato projectado (PUR) | 3 cm |
| 2 - Betão armado com % armadura < 1 % | 30 cm |
| 3 - Argamassa e reboco tradicional | 2 cm |

Espessura total: 35 cm

Comportamento térmico (RCCTE) U: 0.88 W/(m²·°C)
 Massa superficial: 761.05 kg/m²
 Massa superficial do elemento base: 720.00 kg/m²

Laje cobertura

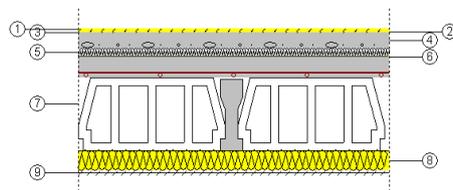


Listagem de camadas:

1 - Pavimento isolante e filtrante	8 cm
2 - Poliestireno extrudido	4 cm
3 - Geotêxtil de poliéster	0.08 cm
4 - Impermeabilização com PVC monocamada não colada	0.12 cm
5 - Geotêxtil de poliéster	0.15 cm
6 - Formação de pendentos com betão celular	10 cm
7 - Laje aligeirada 18+5 cm (Abobadilha de betão)	23 cm
8 - Gesso projectado acabamento com estuque	1.5 cm
9 - Pintura plástica sobre paramentos interiores de gesso projectado ou placas de gesso laminado	---
Espessura total:	46.85 cm

Comportamento térmico (RCCTE)	U arrefecimento: 0.26 W/(m ² ·°C)
	U aquecimento: 0.27 W/(m ² ·°C)
	Massa superficial: 468.57 kg/m ²
	Massa superficial do elemento base: 392.88 kg/m ²

1.6.- Pavimentos em contacto com o exterior



Listagem de camadas:

1 - Pavimento laminado	0.7 cm
2 - Lâmina de espuma de polietileno de alta densidade	0.3 cm
3 - Barreira de vapor constituída por filme de polietileno	0.02 cm
4 - Base de argamassa autonivelante de cimento	4 cm
5 - Poliestireno expandido elastificado com grafite	2 cm
6 - Argamassa autonivelante de cimento	0.2 cm
7 - Laje aligeirada 18+5 cm (Abobadilha de betão)	23 cm
8 - Lã de rocha (MW)	5 cm
9 - Placa de gesso cartonado	1.2 cm
Espessura total:	36.42 cm

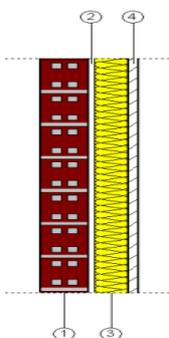
Comportamento térmico (RCCTE)	U arrefecimento: 0.42 W/(m ² ·°C)
	U aquecimento: 0.41 W/(m ² ·°C)
	Massa superficial: 414.46 kg/m ²
	Massa superficial do elemento base: 319.43 kg/m ²

2.- SISTEMA DE COMPARTIMENTAÇÃO

2.1.- Compartimentação interior vertical

2.1.1.- Parte opaca da compartimentação interior vertical

Parede de um pano, com revestimento numa face

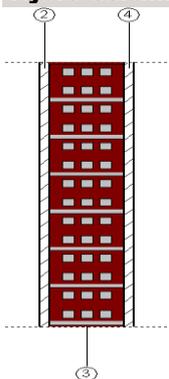


Listagem de camadas:

1 - Alvenaria de tijolo cerâmico furado	7 cm
2 - Separação	1 cm
3 - Lã mineral	4.8 cm
4 - Placa de gesso laminado	1.5 cm
5 - Tinta plástica	---
Espessura total:	14.3 cm

Comportamento térmico (RCCTE)	U: 0.51 W/(m ² ·°C)
	Massa superficial: 79.40 kg/m ²
	Massa superficial do elemento base: 65.10 kg/m ²

Tijolo cerâmico (11cm)

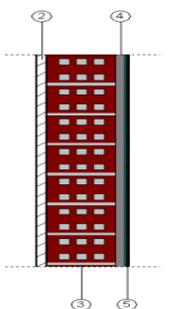


Listagem de camadas:

1 - Tinta plástica	---
2 - Gesso projectado acabamento com estuque	1.5 cm
3 - Tijolo cerâmico furado (11 cm)	11 cm
4 - Gesso projectado acabamento com estuque	1.5 cm
5 - Tinta plástica	---
Espessura total:	14 cm

Comportamento térmico (RCCTE)	U: 1.72 W/(m ² ·°C)
	Massa superficial: 130.81 kg/m ²

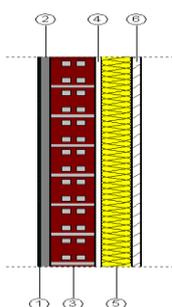
Tijolo cerâmico (11cm)



Listagem de camadas:

1 - Tinta plástica	---
2 - Gesso projectado acabamento com estuque	1.5 cm
3 - Tijolo cerâmico furado (11 cm)	11 cm
4 - Emboço de cimento	1.5 cm
5 - Ladrilhamento com ladrilhos cerâmicos, colocados com argamassa de cimento branco BL-II/A-L 42,5 R	0.5 cm
Espessura total:	14.5 cm

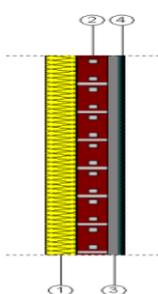
Comportamento térmico (RCCTE)	U: 1.75 W/(m ² ·°C)
	Massa superficial: 153.56 kg/m ²



Listagem de camadas:

1 - Ladrilhamento com ladrilhos cerâmicos, colocados com argamassa de cimento branco BL-II/A-L 42,5 R	0.5 cm
2 - Emboço de cimento	1.5 cm
3 - Alvenaria de tijolo cerâmico furado	7 cm
4 - Separação	1 cm
5 - Lã mineral	4.8 cm
6 - Placa de gesso laminado	1.5 cm
7 - Tinta plástica	---
Espessura total:	16.3 cm

Ductos



Listagem de camadas:

1 - Lã de rocha (MW)	4 cm
2 - Tijolo cerâmico furado (4 cm)	4 cm
3 - Emboço de cimento	1.5 cm
4 - Ladrilhamento com ladrilhos cerâmicos, colocados com argamassa de cimento branco BL-II/A-L 42,5 R	0.5 cm
Espessura total:	10 cm

Comportamento térmico (RCCTE)	U: 0.73 W/(m ² ·°C)
	Massa superficial: 60.00 kg/m ²
	Massa superficial do elemento base: 58.00 kg/m ²

2.1.2.- Aberturas verticais interiores

Porta interior, de madeira

Porta interior de correr para parede dupla com abertura, cega, de uma folha de 203x82,5x3,5 cm, de painel aglomerado directo, de carvalho E; com ferragens de pendurar e de fecho.

Dimensões	Largura x Altura: 82.5 x 203 cm	nº uds: 2
	Largura x Altura: 81 x 203 cm	nº uds: 1
Caracterização térmica	Transmitância térmica, U: 2.03 W/(m ² ·°C)	
	Absortividade, α _S : 0.6 (cor intermédio)	

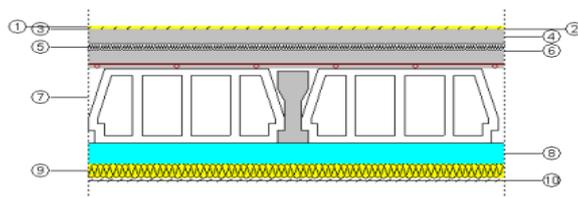
Porta interior, de madeira

Porta interior cega, de uma folha de 203x82,5x3,5 cm, de painel aglomerado directo, de pinho da região; com ferragens de pendurar e de fecho.

Dimensões	Largura x Altura: 80.5 x 203 cm	nº uds: 1
	Largura x Altura: 82.5 x 203 cm	nº uds: 9
Caracterização térmica	Transmitância térmica, U: 2.03 W/(m ² ·°C)	
	Absortividade, α _S : 0.6 (cor intermédio)	

2.2.- Compartimentação interior horizontal

Laje piso 0 - Pavimento flutuante com poliestireno expandido elastificado com grafite. Pavimento laminado

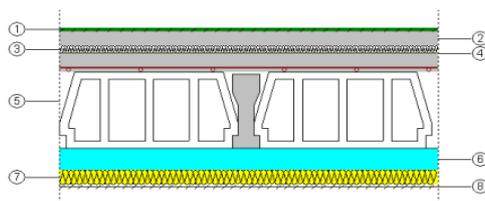


Listagem de camadas:

1 - Pavimento laminado	0.7 cm
2 - Lâmina de espuma de polietileno de alta densidade	0.3 cm
3 - Barreira de vapor constituída por filme de polietileno	0.02 cm
4 - Base de argamassa autonivelante de cimento	4 cm
5 - Poliestireno expandido elastificado com grafite	2 cm
6 - Argamassa autonivelante de cimento	0.2 cm
7 - Laje aligeirada 21+5 cm (Abobadilha cerâmica)	26 cm
8 - Ar	6 cm
9 - Lã de rocha (MW)	4 cm
10 - Placa de gesso cartonado	1.2 cm
Espessura total:	44.42 cm

Comportamento térmico (RCCTE)	U arrefecimento: 0.21 W/(m ² ·°C)
	U aquecimento: 0.21 W/(m ² ·°C)
	Massa superficial: 409.07 kg/m ²
	Massa superficial do elemento base: 314.47 kg/m ²

Laje piso 0 -



Listagem de camadas:

1 - Cerâmica vidrada/grés cerâmico	1 cm
2 - Base de argamassa autonivelante de cimento	4 cm
3 - Poliestireno expandido elastificado com grafite	2 cm
4 - Argamassa autonivelante de cimento	0.2 cm
5 - Laje aligeirada 21+5 cm (Abobadilha cerâmica)	26 cm
6 - Ar	6 cm
7 - Lã de rocha (MW)	4 cm
8 - Placa de gesso cartonado	1.2 cm

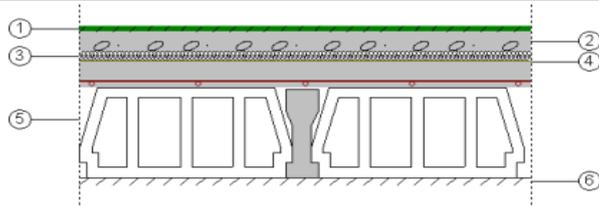
Espessura total:

44.4 cm

Comportamento térmico (RCCTE) U arrefecimento: 0.22 W/(m²·°C)

U aquecimento: 0.21 W/(m²·°C)
 Massa superficial: 428.34 kg/m²
 Massa superficial do elemento base: 314.47 kg/m²

Laje piso 1 – Quartos de Banho



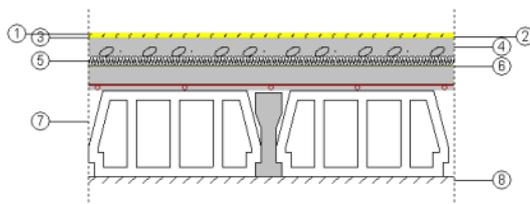
Listagem de camadas:

1 - Cerâmica vidrada/grés cerâmico	1 cm
2 - Base de argamassa autonivelante de cimento	4 cm
3 - Poliestireno expandido elastificado com grafite	2 cm
4 - Argamassa autonivelante de cimento	0.2 cm
5 - Laje aligeirada 18+5 cm (Abobadilha de betão)	23 cm
6 - Gesso projectado acabamento com estuque	1.5 cm
7 - Pintura plástica sobre paramentos interiores de gesso projectado ou placas de gesso laminado	---

Espessura total: 31.7 cm

Comportamento térmico (RCCTE) U arrefecimento: 0.95 W/(m²·°C)
 U aquecimento: 0.84 W/(m²·°C)
 Massa superficial: 436.48 kg/m²
 Massa superficial do elemento base: 336.68 kg/m²

Laje piso 1 – Quartos/ Corredor



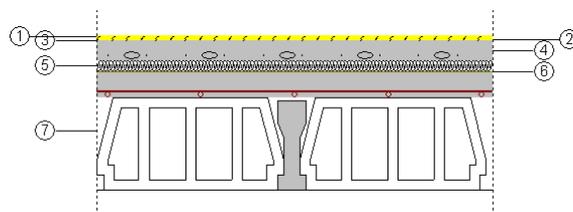
Listagem de camadas:

1 - Pavimento laminado	0.7 cm
2 - Lâmina de espuma de polietileno de alta densidade	0.3 cm
3 - Barreira de vapor constituída por filme de polietileno	0.02 cm
4 - Base de argamassa autonivelante de cimento	4 cm
5 - Poliestireno expandido elastificado com grafite	2 cm
6 - Argamassa autonivelante de cimento	0.2 cm
7 - Laje aligeirada 18+5 cm (Abobadilha de betão)	23 cm
8 - Gesso projectado acabamento com estuque	1.5 cm
9 - Pintura plástica sobre paramentos interiores de gesso projectado ou placas de gesso laminado	---

Espessura total: 31.72 cm

Laje piso 1 - Pavimento flutuante com poliestireno expandido elastificado com grafite. Pavimento laminado

Superfície total 8.25 m²



Listagem de camadas:

1 - Pavimento laminado	0.7 cm
2 - Lâmina de espuma de polietileno de alta densidade	0.3 cm
3 - Barreira de vapor constituída por filme de polietileno	0.02 cm
4 - Base de argamassa autonivelante de cimento	4 cm
5 - Poliestireno expandido elastificado com grafite	2 cm
6 - Argamassa autonivelante de cimento	0.2 cm
7 - Laje aligeirada 18+5 cm (Abobadilha de betão)	23 cm
Espessura total:	30.22 cm

Comportamento térmico (RCCTE) U arrefecimento: 0.94 W/(m²·°C)

U aquecimento: 0.88 W/(m²·°C)

Massa superficial: 399.96 kg/m²

Massa superficial do elemento base: 319.43 kg/m²

3.- MATERIAIS

Camadas					
Material	e	ρ	λ	RT	Cp
Alvenaria de tijolo cerâmico furado	7	930	0.438	0.16	1000
Ar	6	1.23	0.025	2.4	1000
Argamassa autonivelante de cimento	0.2	1900	1.3	0.0015	1000
Argamassa e reboco não tradicional	0.8	1200	0.55	0.0145	1000
Argamassa e reboco tradicional	2	2000	1.3	0.0154	1000
Barreira de vapor constituída por filme de polietileno	0.02	980	0.5	0.0004	1800
Base de argamassa autonivelante de cimento	4	1900	1.3	0.0308	1000
Betão armado com % armadura < 1 %	30	2400	2	0.15	1000
Bloco de betão normal (400x200x300)	30	1117	0.79	0.3797	1000
Cerâmica vidrada/grés cerâmico	1	2300	1.3	0.0077	1000
Emboço de cimento	1.5	1900	1.3	0.0115	1000
Emulsão asfáltica	0.1	0.17	0.17	0.0059	1000
Espuma rígida de poli-isocianurato projectado (PUR)	3	35	0.042	0.7143	1000
Estuque projectado ou fino ou de elevada dureza	2	1000	0.43	0.0465	1000
Formação de pendentes com betão celular	10	600	0.18	0.5556	1000
Geotêxtil de poliéster	0.08	250	0.038	0.0211	1000
Geotêxtil de poliéster	0.15	200	0.038	0.0395	1000
Gesso projectado acabamento com estuque	1.5	1150	0.57	0.0263	1000
Impermeabilização com PVC monocamada não colada	0.12	1390	0.17	0.0071	900
Ladrilhamento com ladrilhos cerâmicos, colocados com argamassa de cimento branco BL-II/A-L 42,5 R	0.5	2300	1.3	0.0038	840
Laje aligeirada 18+5 cm (Abobadilha de betão)	23	1372.32	1.264	0.182	1000
Laje aligeirada 20+4 cm (Abobadilha de EPS moldada faceada)	24	718.054	0.301	0.7977	1000
Laje aligeirada 21+5 cm (Abobadilha cerâmica)	26	1194.87	0.901	0.2887	1000
Lâmina de espuma de polietileno de alta densidade	0.3	70	0.05	0.06	2300
Lâmina drenante nodular, com geotêxtil	0.06	1500	0.5	0.0012	1800
Lã de rocha (MW)	4	50	0.04	1	1000
Lã mineral	4.8	40	0.036	1.3333	1000
Muro de cave de betão armado	25	2500	2.5	0.1	1000
Pavimento isolante e filtrante	8	900	0.05	1.6	1000
Pavimento laminado	0.7	475	0.15	0.0467	1600
Placa de gesso cartonado	1.2	1000	0.25	0.048	1000
Placa de gesso laminado	1.5	825	0.25	0.06	1000
Poliestireno expandido (EPS)	4	14	0.042	0.9524	1000
Poliestireno expandido elasticado com grafite	2	40	0.033	0.6061	1000
Poliestireno extrudido	4	38	0.034	1.1765	1000
Tijolo cerâmico furado (11 cm)	11	875.5	0.407	0.2703	1000
Tijolo cerâmico furado (4 cm)	4	450	0.4	0.1	1000
Abreviaturas utilizadas					
e	Espessura (cm)		RT	Resistência térmica ($m^2\text{°C}/W$)	
ρ	Densidade (kg/m^3)		Cp	Calor específico ($J/(kg\cdot\text{°C})$)	
λ	Condutibilidade térmica ($W/(m\cdot\text{°C})$)				

Anexo IV – Características Técnicas das caixilharias e

orçamentos

DESCRIÇÃO: caixilharia sem corte térmico

CAIXILHARIA: **Cx1V1**

Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para janela com dobradiças de abrir "CORTIZO", , sistema 2000 Canal Europeo, "CORTIZO", formada por duas folhas

VIDRO: Vidro duplo Aislaglas "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", 4/6/6.

ACESSÓRIOS:

Persiana de réguas metálicas ou plásticas. Ligeiramente transparentes

Características do vidro Transmitância térmica, U_v : 3.30 W/(m²·°C)
Factor solar, F: 0.76

Características da caixilharia Transmitância térmica, U_c : 5.70 W/(m²·°C)
Tipo de abertura: De abrir
Permeabilidade ao ar da caixilharia (EN 12207): Classe 4
Absortividade, α_s : 0.4 (cor claro)

Dimensões: 240 x 215 cm (largura x altura)				nº uds: 2
Transmissão térmica	U	3.63	W/(m ² ·°C)	
Características energéticas e luminosas	F	0.67		
	F _H	0.61		
Dimensões: 140 x 105 cm (largura x altura)				nº uds: 1
Transmissão térmica	U	4.07	W/(m ² ·°C)	
Características energéticas e luminosas	F	0.55		
	F _H	0.45		
Dimensões: 180 x 215 cm (largura x altura)				nº uds: 1
Transmissão térmica	U	3.71	W/(m ² ·°C)	
Características energéticas e luminosas	F	0.65		
	F _H	0.56		
Dimensões: 240 x 115 cm (largura x altura)				nº uds: 2
Transmissão térmica	U	3.87	W/(m ² ·°C)	
Características energéticas e luminosas	F	0.60		
	F _H	0.52		
Dimensões: 180 x 115 cm (largura x altura)				nº uds: 2
Transmissão térmica	U	3.95	W/(m ² ·°C)	
Características energéticas e luminosas	F	0.58		
	F _H	0.47		
Caracterização acústica	R _w (C;C _{tr})	29 (-1;-2)	dB	

Notas:

U: Coeficiente de transmissão térmica (W/(m²·°C))

F: Factor solar da abertura

F_H: Factor solar modificado

R_w (C;C_{tr}): Valores de isolamento sonoro (dB)

Caixilharia exterior Cx1V1

Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para janela com dobradiças de abrir de abertura para o interior "CORTIZO", de 140x105 cm, sistema 2000 Canal Europeo, "CORTIZO", formada por duas folhas, e com pré-aro.	Ud 1,00	211,03	211,03
Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para janela com dobradiças de abrir de abertura para o interior "CORTIZO", de 180x115 cm, sistema 2000 Canal Europeo, "CORTIZO", formada por duas folhas, e com pré-aro.	Ud 2,00	228,56	457,12
Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para janela com dobradiças dobrável de abertura para o interior "CORTIZO", de 240x115 cm, sistema 2000 Canal Europeo, "CORTIZO", formada por duas folhas, e com pré-aro.	Ud 2,00	277,51	555,02
Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para porta com dobradiças dobrável de abertura para o interior "CORTIZO", de 180x215 cm, sistema 2000 Canal Europeo, "CORTIZO", formada por duas folhas, e com pré-aro.	Ud 1,00	322,18	322,18
Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para porta com dobradiças dobrável de abertura para o interior "CORTIZO", de 240x215 cm, sistema 2000 Canal Europeo, "CORTIZO", formada por duas folhas, e com pré-aro.	Ud 2,00	337,01	674,02
		Total FC	2.219,37

Vidros

Vidro duplo Aislaglas "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", 4/6/6, com calços e vedação contínua.	m ² 21,66	47,30	1.024,52
		Total FV	1.024,52
		Total F	3.243,89

CAIXILHARIA: Cx1V2

Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para porta com dobradiças dobrável "CORTIZO", , sistema 2000 Canal Europeo, "CORTIZO", formada por duas folhas.

VIDRO:

Vidro duplo LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", Azur.Lite cor azul 6/10/4 LOW.S.

ACESSÓRIOS:

Persiana de réguas metálicas ou plásticas. Ligeiramente transparentes

<u>Características do vidro</u>	Transmitância térmica, U_v : 1.40 W/(m ² ·°C)
	Factor solar, F: 0.39
<u>Características da caixilharia</u>	Transmitância térmica, U_c : 5.70 W/(m ² ·°C)
	Tipo de abertura: De correr
	Permeabilidade ao ar da caixilharia (EN 12207): Classe 4
	Absortividade, α_s : 0.4 (cor claro)

Dimensões: 240 x 215 cm (largura x altura)			nº uds: 2
Transmissão térmica	U	1.99	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.35	
	F _H	0.32	
Dimensões: 140 x 105 cm (largura x altura)			nº uds: 1
Transmissão térmica	U	2.78	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.29	
	F _H	0.24	
Dimensões: 180 x 215 cm (largura x altura)			nº uds: 1
Transmissão térmica	U	2.13	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.34	
	F _H	0.30	
Dimensões: 240 x 115 cm (largura x altura)			nº uds: 2
Transmissão térmica	U	2.42	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.32	

	F_H	0.27	
Dimensões: 180 x 115 cm (largura x altura)			nº uds: 2
Transmissão térmica	U	2.56	$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$
Características energéticas e luminosas	F	0.31	
	F_H	0.25	
Caracterização acústica	$R_w (C;C_{tr})$	29 (-1;-2)	dB

Notas:

U : Coeficiente de transmissão térmica ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$)

F : Factor solar da abertura

F_H : Factor solar modificado

$R_w (C;C_{tr})$: Valores de isolamento sonoro (dB)

Caixilharia exterior Cx1V2

Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para janela com dobradiças de abrir de abertura para o interior "CORTIZO", de 140x105 cm, sistema 2000 Canal Europeo, "CORTIZO", formada por duas folhas, e com pré-aro. Ud 1,00 211,03 211,03

Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para janela com dobradiças de abrir de abertura para o interior "CORTIZO", de 180x115 cm, sistema 2000 Canal Europeo, "CORTIZO", formada por duas folhas, e com pré-aro. Ud 2,00 228,56 457,12

Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para janela com dobradiças dobrável de abertura para o interior "CORTIZO", de 240x115 cm, sistema 2000 Canal Europeo, "CORTIZO", formada por duas folhas, e com pré-aro. Ud 2,00 277,51 555,02

Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para porta com dobradiças dobrável de abertura para o interior "CORTIZO", de 180x215 cm, sistema 2000 Canal Europeo, "CORTIZO", formada por duas folhas, e com pré-aro. Ud 1,00 322,18 322,18

Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para porta com dobradiças dobrável de abertura para o interior "CORTIZO", de 240x215 cm, sistema 2000 Canal Europeo, "CORTIZO", formada por duas folhas, e com pré-aro. Ud 2,00 337,01 674,02

**Total
FC 2.219,37**

Vidros

Vidro duplo LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", Azur.Lite cor azul 6/10/4 LOW.S, com calços e vedação contínua. m² 21,66 68,37 1.480,89

**Total
FV 1.480,89**

**Total
F 3.700,26**

CAIXILHARIA: Cx1V3

Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para porta com dobradiças dobrável "CORTIZO", sistema 2000 Canal Europeo, "CORTIZO", formada por duas folhas.

VIDRO:

Vidro duplo Solar.Lite Controlo solar + LOW.S Baixa emissividade térmica "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", 6/14/6 LOW.S.

ACESSÓRIOS:

Persiana de réguas metálicas ou plásticas. Ligeiramente transparentes

Características do vidro

Transmitância térmica, U_v : 1.10 $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

Factor solar, F : 0.17

Características da caixilharia

Transmitância térmica, U_c : 5.70 $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

Tipo de abertura: De correr

Permeabilidade ao ar da caixilharia (EN 12207): Classe 4

Absortividade, α_s : 0.4 (cor claro)

Dimensões: 240 x 215 cm (largura x altura)			nº uds: 2
Transmissão térmica	U	1.90	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas		F	0.16
	F _H	0.13	
Dimensões: 140 x 105 cm (largura x altura)			nº uds: 1
Transmissão térmica	U	2.58	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas		F	0.14
	F _H	0.12	
Dimensões: 180 x 215 cm (largura x altura)			nº uds: 1
Transmissão térmica	U	2.04	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas		F	0.15
	F _H	0.13	
Dimensões: 240 x 115 cm (largura x altura)			nº uds: 2
Transmissão térmica	U	2.23	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas		F	0.15
	F _H	0.13	
Dimensões: 180 x 115 cm (largura x altura)			nº uds: 2
Transmissão térmica	U	2.35	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas		F	0.15
	F _H	0.12	
Caracterização acústica	R _w (C;C _{tr})	29 (-2;-2)	dB

Notas:

U: Coeficiente de transmissão térmica (W/(m²·°C))

F: Factor solar da abertura

F_H: Factor solar modificado

R_w (C;C_{tr}): Valores de isolamento sonoro (dB)

Caixilharia exterior Cx1V3

Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para janela com dobradiças de abrir de abertura para o interior "CORTIZO", de 140x105 cm, sistema 2000 Canal Europeo, "CORTIZO", formada por duas folhas, e com pré-aro.	Ud 1,00	211,03	211,03
Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para janela com dobradiças de abrir de abertura para o interior "CORTIZO", de 180x115 cm, sistema 2000 Canal Europeo, "CORTIZO", formada por duas folhas, e com pré-aro.	Ud 2,00	228,56	457,12
Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para janela com dobradiças dobrável de abertura para o interior "CORTIZO", de 240x115 cm, sistema 2000 Canal Europeo, "CORTIZO", formada por duas folhas, e com pré-aro.	Ud 2,00	277,51	555,02
Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para porta com dobradiças dobrável de abertura para o interior "CORTIZO", de 180x215 cm, sistema 2000 Canal Europeo, "CORTIZO", formada por duas folhas, e com pré-aro.	Ud 1,00	322,18	322,18
Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para porta com dobradiças dobrável de abertura para o interior "CORTIZO", de 240x215 cm, sistema 2000 Canal Europeo, "CORTIZO", formada por duas folhas, e com pré-aro.	Ud 2,00	337,01	674,02
		Total FC	2.219,37

Vidros

Vidro duplo Solar.Lite Controlo solar + LOW.S Baixa emissividade térmica "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", 6/14/6 LOW.S, com calços e vedação contínua.	m ² 21,66	120,51	2.610,25
		Total FV	2.610,25
		Total F	4.829,62

Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para janela com dobradiças oscilo-paralela de abertura para o interior "CORTIZO", de 140x105 cm, sistema Cor-60 CC 16 Canal Cortizo 16, "CORTIZO", formada por uma folha, com perfis providos de ruptura de ponte térmica, e com pré-aro.	Ud	1,00	580,90	580,90
Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para porta com dobradiças de abrir de abertura para o interior "CORTIZO", de 180x215 cm, sistema Cor-60 CC 16 Canal Cortizo 16, "CORTIZO", formada por duas folhas, com perfis providos de ruptura de ponte térmica, e com pré-aro.	Ud	1,00	849,16	849,16
Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para porta com dobradiças de abrir de abertura para o interior "CORTIZO", de 240x215 cm, sistema Cor-60 CC 16 Canal Cortizo 16, "CORTIZO", formada por duas folhas, com perfis providos de ruptura de ponte térmica, e com pré-aro.	Ud	2,00	920,66	1.841,32
			Total	5.940,60

Vidros

Vidro duplo Aislaglas "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", 4/6/6, com calços e vedação contínua.	m ²	21,61	47,30	1.022,15
			Total	1.022,15
			Total	6.962,75

CAIXILHARIA: Cx2V2

Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para porta com dobradiças de abrir "CORTIZO", sistema Cor-60 CC 16 Canal Cortizo 16, "CORTIZO", formada por duas folhas, com perfis providos de ruptura de ponte térmica.

VIDRO:

Vidro duplo LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", Azur.Lite cor azul 6/10/4 LOW.S.

ACESSÓRIOS:

Persiana de réguas metálicas ou plásticas. Ligeiramente transparentes

Características do vidro
 Transmitância térmica, U_v : 1.40 W/(m²·°C)
 Factor solar, F: 0.39

Características da caixilharia
 Transmitância térmica, U_c : 2.20 W/(m²·°C)
 Tipo de abertura: De abrir
 Permeabilidade ao ar da caixilharia (EN 12207): Classe 4
 Absortividade, α_s : 0.4 (cor claro)

Dimensões: 240 x 215 cm (largura x altura)				nº uds: 2
Transmissão térmica	U	1.51	W/(m ² ·°C)	
Características energéticas e luminosas	F	0.34		
	F _H	0.31		
Dimensões: 140 x 105 cm (largura x altura)				nº uds: 1
Transmissão térmica	U	1.72	W/(m ² ·°C)	
Características energéticas e luminosas	F	0.25		
	F _H	0.20		
Dimensões: 180 x 215 cm (largura x altura)				nº uds: 1
Transmissão térmica	U	1.54	W/(m ² ·°C)	
Características energéticas e luminosas	F	0.33		
	F _H	0.29		
Dimensões: 240 x 115 cm (largura x altura)				nº uds: 2
Transmissão térmica	U	1.62	W/(m ² ·°C)	
Características energéticas e luminosas	F	0.29		
	F _H	0.25		

Dimensões: 180 x 115 cm (largura x altura)	nº uds: 2		
Transmissão térmica	U	1.62	W/(m ² .°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.29	
	F _H	0.24	
Caracterização acústica	R _w (C;C _{tr})	34 (-1;-3)	dB

Notas:

U: Coeficiente de transmissão térmica (W/(m².°C))

F: Factor solar da abertura

F_H: Factor solar modificado

R_w (C;C_{tr}): Valores de isolamento sonoro (dB)

Orçamento **Cx2V2**

Caixilharia exterior

Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para janela com dobradiças dobrável de abertura para o interior "CORTIZO", de 180x115 cm, sistema Cor-60 CC 16 Canal Cortizo 16, "CORTIZO", formada por duas folhas, com perfis providos de ruptura de ponte térmica, e com pré-aro.	Ud	2,00	586,31	1.172,62
Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para janela com dobradiças dobrável de abertura para o interior "CORTIZO", de 240x115 cm, sistema Cor-60 CC 16 Canal Cortizo 16, "CORTIZO", formada por três folhas, com perfis providos de ruptura de ponte térmica, e com pré-aro.	Ud	2,00	748,30	1.496,60
Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para janela com dobradiças oscilo-paralela de abertura para o interior "CORTIZO", de 140x105 cm, sistema Cor-60 CC 16 Canal Cortizo 16, "CORTIZO", formada por uma folha, com perfis providos de ruptura de ponte térmica, e com pré-aro.	Ud	1,00	580,90	580,90
Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para porta com dobradiças de abrir de abertura para o interior "CORTIZO", de 180x215 cm, sistema Cor-60 CC 16 Canal Cortizo 16, "CORTIZO", formada por duas folhas, com perfis providos de ruptura de ponte térmica, e com pré-aro.	Ud	1,00	849,16	849,16
Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para porta com dobradiças de abrir de abertura para o interior "CORTIZO", de 240x215 cm, sistema Cor-60 CC 16 Canal Cortizo 16, "CORTIZO", formada por duas folhas, com perfis providos de ruptura de ponte térmica, e com pré-aro.	Ud	2,00	920,66	1.841,32
			Total	5.940,60
Vidros				
Vidro duplo LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", Azur.Lite cor azul 6/10/4 LOW.S, com calços e vedação contínua.	m ²	21,61	68,37	1.477,48
			Total	1.477,48
			Total	7.418,08

CAIXILHARIA-Cx2V3

Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para porta com dobradiças de abrir "CORTIZO", sistema Cor-60 CC 16 Canal Cortizo 16, "CORTIZO", formada por duas folhas, com perfis providos de ruptura de ponte térmica.

VIDRO:

Vidro duplo Solar.Lite Controlo solar + LOW.S Baixa emissividade térmica "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", 6/14/6 LOW.S.

ACESSÓRIOS:

Persiana de réguas metálicas ou plásticas. Ligeiramente transparentes

Características do vidro Transmitância térmica, U_v : 1.10 W/(m²·°C)
Factor solar, F: 0.17

Características da caixilharia Transmitância térmica, U_C : 2.20 W/(m²·°C)
Tipo de abertura: De abrir
Permeabilidade ao ar da caixilharia (EN 12207): Classe 4
Absortividade, α_s : 0.4 (cor claro)

Dimensões: 240 x 215 cm (largura x altura)		nº uds: 2	
Transmissão térmica	U	1.25	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.15	
	F _H	0.14	
Dimensões: 140 x 105 cm (largura x altura)		nº uds: 1	
Transmissão térmica	U	1.54	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.12	
	F _H	0.10	
Dimensões: 180 x 215 cm (largura x altura)		nº uds: 1	
Transmissão térmica	U	1.29	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.15	
	F _H	0.13	
Dimensões: 240 x 115 cm (largura x altura)		nº uds: 2	
Transmissão térmica	U	1.40	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.13	
	F _H	0.11	
Dimensões: 180 x 115 cm (largura x altura)		nº uds: 2	
Transmissão térmica	U	1.40	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.13	
	F _H	0.11	
Caracterização acústica	R_w	35 (-2;-	dB
	(C;C _{tr})	4)	

Notas:

U: Coeficiente de transmissão térmica (W/(m²·°C))

F: Factor solar da abertura

F_H: Factor solar modificado

R_w (C;C_{tr}): Valores de isolamento sonoro (dB)

Orçamento Cx2V3

Caixilharia exterior Orçamento Cx2V3

Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para janela com dobradiças dobrável de abertura para o interior "CORTIZO", de 180x115 cm, sistema Cor-60 CC 16 Canal Cortizo 16, "CORTIZO", formada por duas folhas, com perfis providos de ruptura de ponte térmica, e com pré-aro.

Ud 2,00 586,31 1.172,62

Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para janela com dobradiças dobrável de abertura para o interior "CORTIZO", de 240x115 cm, sistema Cor-60 CC 16 Canal Cortizo 16, "CORTIZO", formada por três folhas, com perfis providos de ruptura de ponte térmica, e com pré-aro.

Ud 2,00 748,30 1.496,60

Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para janela com dobradiças oscilo-paralela de abertura para o interior "CORTIZO", de 140x105 cm, sistema Cor-60 CC 16 Canal Cortizo 16, "CORTIZO", formada por uma folha, com perfis providos de ruptura de ponte térmica, e com pré-aro.	Ud	1,00	580,90	580,90
Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para porta com dobradiças de abrir de abertura para o interior "CORTIZO", de 180x215 cm, sistema Cor-60 CC 16 Canal Cortizo 16, "CORTIZO", formada por duas folhas, com perfis providos de ruptura de ponte térmica, e com pré-aro.	Ud	1,00	849,16	849,16
Caixilharia de alumínio, anodizado natural, para porta com dobradiças de abrir de abertura para o interior "CORTIZO", de 240x215 cm, sistema Cor-60 CC 16 Canal Cortizo 16, "CORTIZO", formada por duas folhas, com perfis providos de ruptura de ponte térmica, e com pré-aro.	Ud	2,00	920,66	1.841,32
			Total F	5.940,60
Vidros				
Vidro duplo Solar.Lite Controlo solar + LOW.S Baixa emissividade térmica "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", 6/14/6 LOW.S, com calços e vedação contínua.	m²	21,61	120,51	2.604,22
			Total F	2.604,22
			Total	8.544,82

DESCRIÇÃO: Caixilharia PVC

CAIXILHARIA:Cx3V1

Porta de varanda de PVC "VEKA", sistema Softline Doble Junta SL/DJ, duas folhas de abrir, composta de aro, folhas e bites com acabamento natural em cor branca.

VIDRO:

Vidro duplo Aislaglas "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", 4/6/6.

ACESSÓRIOS:

Persiana de réguas metálicas ou plásticas. Ligeiramente transparentes

Características do vidro Transmitância térmica, U_v : 3.30 W/(m²·°C)

Factor solar, F: 0.76

Características da caixilharia Transmitância térmica, U_c : 1.30 W/(m²·°C)

Tipo de abertura: De abrir

Permeabilidade ao ar da caixilharia (EN 12207): Classe 4

Absortividade, α_s : 0.4 (cor claro)

Dimensões: 120 x 210 cm (largura x altura)			nº uds: 4
Transmissão térmica	U	2.40	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.43	
	F _H	0.37	
Dimensões: 140 x 100 cm (largura x altura)			nº uds: 1
Transmissão térmica	U	2.47	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.45	
	F _H	0.37	
Dimensões: 140 x 210 cm (largura x altura)			nº uds: 1
Transmissão térmica	U	2.50	W/(m ² ·°C)

Vãos Envidraçados em Edifícios de Habitação: Otimização, Eficiência Energética e Análise Económica

Características energéticas e luminosas	F	0.46	
	F _H	0.40	
Dimensões: 240 x 110 cm (largura x altura)			nº uds: 2
Transmissão térmica	U	2.53	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.47	
	F _H	0.41	
Dimensões: 180 x 110 cm (largura x altura)			nº uds: 2
Transmissão térmica	U	2.41	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.43	
	F _H	0.35	
Caracterização acústica	R _w (C;C _{tr})	34 (-1;-3)	dB

Notas:

U: Coeficiente de transmissão térmica (W/(m²·°C))

F: Factor solar da abertura

F_H: Factor solar modificado

R_w (C;C_{tr}): Valores de isolamento sonoro (dB)

Caixilharia exterior

Janela de PVC "VEKA", sistema Softline Doble Junta SL/DJ, uma folha de abrir e oscilo-batente e vitral lateral, dimensões 1400x1000 mm, composta de aro, folha e bites com acabamento natural em cor branca, com pré-aro.	Ud 1,00	261,09	261,09
Janela de PVC "VEKA", sistema Softline Doble Junta SL/DJ, duas folhas de abrir, sendo uma delas também oscilo-batente e vitral lateral, dimensões 1800x1100 mm, composta de aro, folhas e bites com acabamento natural em cor branca, com pré-aro.	Ud 2,00	372,96	745,92
Janela de PVC "VEKA", sistema Softline Doble Junta SL/DJ, duas folhas de abrir, sendo uma delas também oscilo-batente e vitral lateral, dimensões 2400x1100 mm, composta de aro, folhas e bites com acabamento natural em cor branca, com pré-aro.	Ud 2,00	405,38	810,76
Porta de varanda de PVC "VEKA", sistema Softline Doble Junta SL/DJ, duas folhas de abrir, dimensões 1200x2100 mm, composta de aro, folhas e bites com acabamento natural em cor branca, com pré-aro.	Ud 4,00	384,41	1.537,64
Porta de varanda de PVC "VEKA", sistema Softline Doble Junta SL/DJ, uma folha de abrir e oscilo-batente e outra folha de abrir, dimensões 1400x2100 mm, composta de aro, folhas e bites com acabamento natural em cor branca, com pré-aro.	Ud 1,00	408,09	408,09

Total
FC 3.763,50

Vidros

Vidro duplo Aislaglas "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", 4/6/6, com calços e vedação contínua.	m ² 24,95	47,30	1.180,14
---	----------------------	-------	----------

Total
FV 1.180,14

Total
F 4.943,64

CAIXILHARIA: Cx3V2

Janela de PVC "VEKA", sistema Softline Doble Junta SL/DJ e Ekoso, com acabamento natural em cor branca.

VIDRO:

Vidro duplo LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", Azur.Lite cor azul 6/10/4 LOW.S.

ACESSÓRIOS:

Persiana de réguas metálicas ou plásticas. Ligeiramente transparentes

Características do vidro Transmitância térmica, U_v : 1.40 W/(m²·°C)
Factor solar, F: 0.39

Características da caixilharia Transmitância térmica, U_c : 1.30 W/(m²·°C)
Tipo de abertura: De abrir
Permeabilidade ao ar da caixilharia (EN 12207): Classe 4
Absortividade, α_s : 0.4 (cor claro)

Dimensões: 120 x 210 cm (largura x altura)			nº uds: 4
Transmissão térmica	U	1.35	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.22	
	F _H	0.20	
Dimensões: 140 x 110 cm (largura x altura)			nº uds: 1
Transmissão térmica	U	1.35	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.20	
	F _H	0.17	
Dimensões: 140 x 210 cm (largura x altura)			nº uds: 1
Transmissão térmica	U	1.36	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.24	
	F _H	0.26	
Dimensões: 240 x 110 cm (largura x altura)			nº uds: 2
Transmissão térmica	U	1.36	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.25	
	F _H	0.20	
Dimensões: 180 x 110 cm (largura x altura)			nº uds: 2
Transmissão térmica	U	1.36	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.23	
	F _H	0.19	
Caracterização acústica	R_w (C;C _{tr})	34 (-1;-3)	dB

Notas:

U: Coeficiente de transmissão térmica (W/(m²·°C))

F: Factor solar da abertura

F_H: Factor solar modificado

R_w (C;C_{tr}): Valores de isolamento sonoro (dB)

Caixilharia exterior

Janela de PVC "VEKA", sistema Softline Doble Junta SL/DJ, uma folha de abrir e oscilo-batente e vitral lateral, dimensões 1400x1000 mm, composta de aro, folha e bites com acabamento natural em cor branca, com pré-aro. Ud 1,00 261,09 261,09

Janela de PVC "VEKA", sistema Softline Doble Junta SL/DJ, duas folhas de abrir, sendo uma delas também oscilo-batente e vitral lateral, dimensões 1800x1100 mm, composta de aro, folhas e bites com acabamento natural em cor branca, com pré-aro. Ud 2,00 372,96 745,92

Janela de PVC "VEKA", sistema Softline Doble Junta SL/DJ, duas folhas de abrir, sendo uma delas também oscilo-batente e vitral lateral, dimensões 2400x1100 mm, composta de aro, folhas e bites com acabamento natural em cor branca, com pré-aro.	Ud 2,00	405,38	810,76
Porta de varanda de PVC "VEKA", sistema Softline Doble Junta SL/DJ, duas folhas de abrir, dimensões 1200x2100 mm, composta de aro, folhas e bites com acabamento natural em cor branca, com pré-aro.	Ud 4,00	384,41	1.537,64
Porta de varanda de PVC "VEKA", sistema Softline Doble Junta SL/DJ, uma folha de abrir e oscilo-batente e outra folha de abrir, dimensões 1400x2100 mm, composta de aro, folhas e bites com acabamento natural em cor branca, com pré-aro.	Ud 1,00	408,09	408,09
		Total	3.763,50
		FC	

Vidros

Vidro duplo LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", Azur.Lite cor azul 6/10/4 LOW.S, com calços e vedação contínua.	m ² 24,95	68,37	1.705,83
		Total	1.705,83
		FV	
		Total	5.469,33
		F	

CAIXILHARIA: Cx3V3

Janela de PVC "VEKA", sistema Softline Doble Junta SL/DJ, duas folhas de abrir, dimensões composta de aro, folhas e bites com acabamento natural em cor branca.

VIDRO:

Vidro duplo Solar.Lite Controlo solar + LOW.S Baixa emissividade térmica "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", 6/14/6 LOW.S.

ACESSÓRIOS:

Persiana de réguas metálicas ou plásticas. Ligeiramente transparentes

Características do vidro Transmitância térmica, U_v : 1.10 W/(m²·°C)

Factor solar, F: 0.17

Características da caixilharia Transmitância térmica, U_c : 1.30 W/(m²·°C)

Tipo de abertura: De abrir

Permeabilidade ao ar da caixilharia (EN 12207): Classe 4

Absortividade, α_s : 0.4 (cor claro)

Dimensões: 120 x 210 cm (largura x altura)			n ^o uds: 4
Transmissão térmica	U	1.19	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.10	
	F _H	0.09	
Dimensões: 140 x 100 cm (largura x altura)			n ^o uds: 1
Transmissão térmica	U	1.18	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.11	
	F _H	0.09	
Dimensões: 180 x 110 cm (largura x altura)			n ^o uds: 1
Transmissão térmica	U	1.36	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.23	
	F _H	0.19	

Dimensões: 240 x 110 cm (largura x altura)			nº uds: 2
Transmissão térmica	U	1.18	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.11	
	F _H	0.10	
Dimensões: 180 x 110 cm (largura x altura)			nº uds: 2
Transmissão térmica	U	1.19	W/(m ² ·°C)
Características energéticas e luminosas	F	0.10	
	F _H	0.09	
Caracterização acústica	R _w (C;C _{tr})	35 (-2;-4)	dB

Notas:

U: Coeficiente de transmissão térmica (W/(m²·°C))

F: Factor solar da abertura

F_H: Factor solar modificado

R_w (C;C_{tr}): Valores de isolamento sonoro (dB)

Orçamento Cx3V3

Caixilharia exterior

Janela de PVC "VEKA", sistema Softline Doble Junta SL/DJ, uma folha de abrir e oscilo-batente e vitral lateral, dimensões 1400x1000 mm, composta de aro, folha e bites com acabamento natural em cor branca, com pré-aro. Ud 1,00 261,09 261,09

Janela de PVC "VEKA", sistema Softline Doble Junta SL/DJ, duas folhas de abrir, sendo uma delas também oscilo-batente e vitral lateral, dimensões 1800x1100 mm, composta de aro, folhas e bites com acabamento natural em cor branca, com pré-aro. Ud 2,00 372,96 745,92

Janela de PVC "VEKA", sistema Softline Doble Junta SL/DJ, duas folhas de abrir, sendo uma delas também oscilo-batente e vitral lateral, dimensões 2400x1100 mm, composta de aro, folhas e bites com acabamento natural em cor branca, com pré-aro. Ud 2,00 405,38 810,76

Porta de varanda de PVC "VEKA", sistema Softline Doble Junta SL/DJ, duas folhas de abrir, dimensões 1200x2100 mm, composta de aro, folhas e bites com acabamento natural em cor branca, com pré-aro. Ud 4,00 384,41 1.537,64

Porta de varanda de PVC "VEKA", sistema Softline Doble Junta SL/DJ, uma folha de abrir e oscilo-batente e outra folha de abrir, dimensões 1400x2100 mm, composta de aro, folhas e bites com acabamento natural em cor branca, com pré-aro. Ud 1,00 408,09 408,09

Total
FC 3.763,50

Vidro duplo Solar.Lite Controlo solar + LOW.S Baixa emissividade térmica "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", 6/14/6 LOW.S, com calços e vedação contínua. m² 24,95 120,51 3.006,72

Total
F 6.770.22

Anexo V – Tabelas com vidros

SGG PLANILUX - Vidro simples											
Espessura	(mm)	2	3	4	5	6	8	10	12	15	19
Peso	Kg/m ²	5	7.5	10	12.5	15	20	25	30	37.5	47.5
Factores luminosos											
Tl	%	91	90	90	89	89	88	88	87	86	83
Rle	%	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Rli	%	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
TUV	%	69	64	59	56	53	48	50	47	44	36
Factores energéticos											
Te	%	87	85	83	81	79	75	76	72	69	62
Re ext	%	8	8	7	7	7	7	7	7	7	6
AE	%	8	8	8	7	7	7	7	7	7	6

Vidro Simples (float) (Saint-Gobain Glass sd;e)

Vidro duplo						
Vidro exterior		SGG PLANILUX				
Vidro interior		SGG PLANILUX				
Composição	(mm)	4(6)4	4(12)4	4(16)4*	6(12)6	6(12)6*
Espessura	(mm)	14	20	24	24	28
Peso	Kg/m ²	20	20	20	30	30
Factores luminosos						
Tl	%	81	81	81	79	79
Rle	%	15	15	15	14	14
Rli	%	15	15	15	14	14
TUV	%	44	44	44	38	38
Factores energéticos						
Te	%	70	70	70	64	64
Re	%	13	13	13	12	12
AE1	%	10	10	10	15	15
AE2	%	7	7	7	10	10
Factor solar g		0.75	0.76	0.76	0.72	0.72
Coef. de Sombreamento		0.87	0.87	0.87	0.83	0.83
Coef. U ar	W/(m ² .K)	3.3	2.9	2.7	2.8	2.7
Índice de atenuação acústica (1)						
R>W	dB	30	30	30	33	33
C	dB	-1	0	0	-1	-1
Ctr	dB	-3	-3	-3	-3	-5
RA	dB	29	30	30	32	32
RA,tr	dB	27	27	27	30	28

Vidro Duplo 4-12-4 20 (mm) (Ar) (Saint-Gobain Glass sd;f)

SGG CLIMAPLUS N		SGG PLANILUX			
Vidro exterior		SGG PLANITHERM FUTUR N			
Vidro interior		SGG PLANITHERM FUTUR N			
Composição	(mm)	4(12)4	4(16)4(1)	6(12)6	6(16)6(1)
Espessura	(mm)	20	24	24	28
Peso	Kg/m ²	20	20	30	30
Posição da capa		3	3	3	3
Factores luminosos					
TI	%	80	80	78	78
Rle	%	12	12	12	12
Rli	%	12	12	12	12
TUV	%	31	31	27	27
Factores energéticos					
Te	%	53	53	49	49
Re ext	%	23	23	21	21
AE1	%	12	12	17	17
AE2	%	12	12	13	13
Factor solar g		0.63	0.64	0.61	0.61
Coef. de Sombreamento		0.73	0.73	0.70	0.70
Coef. U ar	W/(m ² .K)	1.7	1.4	1.7	1.4
Coef. U argon 90%	W/(m ² .K)	1.4	1.2	1.3	1.2

Vidro Duplo de Baixa emissividade, (Saint-Gobain Glass sd.g)

Vidro duplo		SGG PLANISTAR				
Vidro exterior		SGG PLANILUX				
Vidro interior		SGG PLANILUX				
Composição	(mm)	4(12)4	4(16)4*	6(12)4	6(16)4*	6(16)6*
Espessura	(mm)	20	24	22	26	28
Peso	Kg/m ²	20	20	25	25	30
Factores luminosos						
TI	%	71	71	70	70	69
Rle	%	12	12	12	12	12
Rli	%	13	13	13	13	13
TUV	%	12	12	11	11	10
Factores energéticos						
Te	%	39	39	38	38	37
Re ext	%	33	33	29	29	29
AE1	%	26	26	31	31	31
AE2	%	2	2	2	2	3
Factor solar g		0.42	0.42	0.42	0.41	0.41
Coef. de Sombreamento		0.49	0.48	0.48	0.47	0.47
Coef. U ar	W/(m ² .K)	1.6	1.4	1.6	1.4	1.4
Coef. U argon	W/(m ² .K)	1.3	1.1	1.3	1.1	1.1

* Valores idênticos para um intercalar de 15 ou 16mm.

Vidro Duplo de Baixa emissividade e controlo solar, (Saint-Gobain Glass sd; h)

Anexo VII – Soleiras, persianas e janelas com medidas estandardizadas



Dimensions

AP NA 28

AP 28 largeur 28 cm

longueur tableau	L. réelle = L. tableau + 10 cm	poids
0,40 m	0,50 m	19,0 kg
0,60 m	0,70 m	26,0 kg
0,80 m	0,90 m	33,5 kg
0,90 m	1,00 m	37,5 kg
1,00 m	1,10 m	41,0 kg
1,20 m	1,30 m	48,5 kg
1,30 m	1,40 m	52,5 kg
1,40 m	1,50 m	56,0 kg
1,50 m	1,60 m	60,0 kg
1,80 m	1,90 m	71,0 kg
2,10 m	2,20 m	85,5 kg
2,40 m	2,50 m	93,5 kg

AP NA 35 et AP LIS 35

AP 35 largeur 35 cm

longueur tableau	L. réelle = L. tableau + 10 cm	poids
0,40 m	0,50 m	23,5 kg
0,50 m	0,60 m	28,0 kg
0,60 m	0,70 m	32,5 kg
0,70 m	0,80 m	37,5 kg
0,80 m	0,90 m	42,0 kg
0,90 m	1,00 m	46,5 kg
1,00 m	1,10 m	51,5 kg
1,10 m	1,20 m	56,0 kg
1,20 m	1,30 m	60,5 kg
1,30 m	1,40 m ■	65,0 kg
1,40 m	1,50 m ■	70,0 kg
1,50 m	1,60 m ■	74,5 kg
1,60 m	1,70 m ■	79,0 kg
1,80 m	1,90 m	88,5 kg
2,10 m •	2,20 m •	102,5 kg
2,40 m •	2,50 m •	116,5 kg

AP 39

AP 39 largeur 39 cm

longueur tableau	L. réelle = L. tableau + 10 cm	poids
0,40 m	0,50 m	30,0 kg
0,60 m	0,70 m	40,5 kg
0,80 m	0,90 m	51,5 kg
0,90 m	1,00 m	56,5 kg
1,00 m	1,10 m	61,5 kg
1,20 m	1,30 m	71,5 kg
1,30 m	1,40 m	77,0 kg
1,40 m	1,50 m	82,0 kg
1,50 m	1,60 m	87,5 kg
1,60 m	1,70 m	92,5 kg
1,80 m	1,90 m	102,5 kg
2,10 m •	2,20 m •	118,0 kg
2,40 m •	2,50 m •	133,0 kg

• appuis fournis en 2 éléments séparés
 ■ appuis brique fournis en 2 éléments séparés

Fonte: [adaptado Weser 2012]

Volet monobloc

Coffre aluminium + axe + tablier + coulisses •
 Forme du coffre : quart de rond ou pan coupé à 45°
 En option moustiquaire intégrée, consultez-nous.

Pan coupé à 45°

Quart de rond



Volet seul

Axe + tablier + coulisses
 (Exemple de prix : type de pose en rénovation).



Manœuvre	Treuil		Electrique	
	PVC	Alu	PVC	Alu
Lames (blanc)				
125 x 80	171 €	189 €	287 €	302 €
145 x 130	209 €	255 €	318 €	355 €
215 x 160	278 €	365 €	373 €	448 €
225 x 240	-	501 €	-	560 €

Manœuvre	Treuil		Electrique	
	PVC	Alu	PVC	Alu
Lames (blanc)				
125 x 80	139 €	170 €	270 €	290 €
145 x 130	172 €	227 €	302 €	343 €
215 x 160	216 €	313 €	353 €	429 €
225 x 240	276 €	429 €	429 €	546 €

Hauteur et largeur tableau en cm. Exemples de prix sur mesure sans option. Lames PVC 40 et aluminium 39. Autres dimensions, autres couleurs, autres manœuvres et options, consultez-nous.

Châssis

Largeur tableau		40	50	60	70	80
Largeur totale		47,2	57,2	67,2	77,2	87,2
Hauteur tableau	Hauteur totale	1 vantail				
		45	48,5	107 €	147 €	167 €
60	63,5	109 €	116 €	119 €	175 €	185 €
75	78,5	115 €	119 €	106 €	129 €	159 €
95	98,5	160 €	165 €	150 €	147 €	169 €
105	108,5	195 €	194 €	164 €	157 €	179 €
115	118,5	195 €	199 €	169 €	167 €	189 €
125	128,5	205 €	214 €	198 €	177 €	199 €
135	138,5	225 €	224 €	199 €	187 €	209 €
145	148,5	235 €	234 €	228 €	197 €	267 €
155	158,5	245 €	244 €	255 €	257 €	277 €



Fenêtres oscillo-battantes

Largeur tableau		100	120
Largeur totale		107,2	127,2
Hauteur tableau	Hauteur totale	2 vantaux	
		115	118,5
125	128,5	339 €	359 €
135	138,5	349 €	369 €
145	148,5	359 €	379 €



Fenêtres

Largeur tableau		80	90	100	110	120	140	180	240	100	110	120
Largeur totale		87,2	97,2	107,2	117,2	127,2	147,2	187,2	247,2	107,2	117,2	127,2
Hauteur tableau	Hauteur totale	2 vantaux						3 vantaux*	4 vantaux*	2 vantaux finition blanche		
		60	63,5	227 €	239 €	195 €	269 €	294 €	296 €	-	-	-
75	78,5	229 €	265 €	199 €	259 €	219 €	255 €	-	-	-	-	-
95	98,5	215 €	212 €	234 €	249 €	229 €	265 €	-	-	-	-	-
105	108,5	229 €	237 €	219 €	259 €	229 €	289 €	-	-	-	-	-
115	118,5	218 €	227 €	169 €	233 €	199 €	275 €	445 €	619 €	-	-	-
125	128,5	248 €	232 €	189 €	259 €	209 €	315 €	-	-	-	-	-
135	138,5	258 €	249 €	209 €	264 €	235 €	325 €	495 €	634 €	-	-	-
145	148,5	262 €	249 €	255 €	289 €	312 €	355 €	-	-	-	-	-
155	158,5	259 €	262 €	274 €	325 €	332 €	385 €	-	-	-	-	-
165	168,5	289 €	281 €	289 €	339 €	352 €	395 €	-	-	-	-	-
175	178,5	382 €	334 €	334 €	369 €	359 €	415 €	-	-	-	-	-
180	183,5	392 €	334 €	346 €	374 €	374 €	425 €	-	-	-	-	-
185	188,5	415 €	419 €	429 €	425 €	449 €	435 €	-	-	-	-	-
190	193,5	399 €	350 €	365 €	389 €	409 €	445 €	-	-	401 €	427 €	449 €
195	198,5	409 €	434 €	399 €	425 €	497 €	465 €	-	-	438 €	-	-
200	203,5	431 €	378 €	368 €	399 €	418 €	485 €	-	-	404 €	438 €	-
210	213,5	424 €	466 €	379 €	411 €	459 €	495 €	-	-	416 €	452 €	504 €



Fonte: [adaptado Lapeyre (2012)]

Anexo VIII – Relatório Solterm (E_{solar})

SolTerm 5.0

Licenciado a Formadores do SCE
(Módulo RCCTE)

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico com depósito pressurizado

Painel

Modelo de colector: Solahart M

Tipo: Plano

(3 módulos) 5,58 m²

Rendimento óptico: 75,80%

Coefficiente de perdas térmicas a1: 2,800 W/m²/K

Coefficiente de perdas térmicas a2: 0,023 W/m²/K²

Modificador de ângulo a 50°: 0,85

Caudal no grupo painel/permutador: 18,8 l/m² por hora (=0,03 l/s)

Permutador

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 75%
(factor de penalização: 93%)

Depósito

Modelo: 300 l típico

Volume: 300 l

Área externa: 2,88 m²

Material: PVC

Posição deitada

Deflectores interiores

Coefficiente de perdas térmicas: 3,00 W/°C

Cargas térmicas

Consumo de água nova, sem recuperação de calor.

Temperatura nominal: 60°C

Temperatura mínima aceite: °C

(Existem válvulas misturadoras.)

Perfis de consumo de segunda a sexta (1)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
08	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
09	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
19	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
20	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
21	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
22	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
23	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
24												
diário	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Perfis de consumo ao fim-de-semana (1)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
08	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
09	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
10	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
11												
12	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
13	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
14	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
15												
16												
17												
18	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
19	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
20	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
21	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
22	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
23	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
24												
diário	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Maia

Latitude 41,2°N (nominal)

Longitude 8,6°W (nominal)

TRY SNCE 2006

-

Inclinação do painel: 36°

Azimute do painel: 0°

Obstruções do horizonte: 3° (por defeito)

Balço energético mensal e anual

	Rad.Horiz. kWh/m ²	Rad.Inclin. kWh/m ²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	52	83	,	206	349	143
Fevereiro	67	98	,	227	314	87
Março	105	131	12,	269	341	72
Abril	143	155	17,	297	324	27
Maio	174	170	22,	306	326	20
Junho	186	174	45,	287	306	19
Julho	205	196	60,	302	309	7
Agosto	185	192	66,	303	309	6
Setembro	128	151	16,	285	304	19
Outubro	94	131	6,	282	325	43
Novembro	60	96	,	223	329	106
Dezembro	48	84	,	210	348	138
Anual	1448	1661	244,	3196	3885	689

Fracção solar: 82,3%

Produtividade: 573 kWh/[m² colector]
