



EMSURE
Energy and Mobility for
Sustainable Regions

Caracterização do Desempenho Térmico da Envolvente Exterior de Edifícios Antigos - Rua Fernandes Tomás

Elisabete Milheiro dos Santos

Orientadores

Ana Teresa Vaz Ferreira Ramos

José António Raimundo Mendes da Silva

Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologias do Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Construção Sustentável, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Ana Teresa Vaz Ferreira Ramos, Professora Adjunta do Instituto Politécnico de Castelo Branco e do Professor Doutor José António Raimundo Mendes da Silva, Professor Associado da Universidade de Coimbra

Janeiro de 2016

Composição do júri

Presidente do júri

Doutora Maria Constança Simões Rigueiro

Professora Adjunta do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Vogais

Doutora Anabela Gonçalves Correia de Paiva

Professora Associada do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Doutora Cristina Calmeiro dos Santos

Professora Adjunta do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Doutora Ana Teresa Vaz Ferreira Ramos (Orientadora)

Professora Adjunta do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Agradecimentos

Este trabalho enquadra-se no âmbito da iniciativa *Energy for Sustainability* da Universidade de Coimbra e é apoiado pelo projeto *Energy and Mobility for Sustainable Regions - EMSURE - Projeto* (CENTRO-07-0224-FEDER-002004).

A todas as pessoas e instituições cujo contributo de uma forma ou de outra foi indispensável e permitiu a concretização deste trabalho, um sentido agradecimento.

Uma profunda gratidão pelo apoio e estímulos transmitidos:

À Professora Doutora Ana Teresa Vaz Ferreira Ramos que aceitou ser minha orientadora, e também pela constante disponibilidade no esclarecimento de dúvidas e partilha de conhecimentos.

E à minha família, em especial ao Leandro, pela compreensão e paciência.

Resumo

No passado o homem dependeu de fontes de energia renováveis (madeira, moinhos de vento e de água...). A partir da Revolução Industrial essas fontes deixaram de ser suficientes, verificou-se desde então um crescimento do consumo energético e por consequência a excessiva dependência de combustíveis fósseis. Com as emissões de gases de efeitos estufa (GEE) a eles associados, e a degradação ambiental que se tem manifestado através das alterações climáticas, é necessário procurar soluções sustentáveis e implementar medidas adequadas para desagrar esta situação, nomeadamente repensar os padrões de produção e consumo nos diversos sectores da atividade humana.

Sendo o sector dos edifícios responsável por uma percentagem considerável dos consumos energéticos registados, um dos desafios passa pela melhoria da sua eficiência energética. Neste sentido, a União Europeia tem vindo a regulamentar impondo requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios novos e existentes. Com a implementação da recente diretiva n.º 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, que atualizou em Portugal o Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE), e que integra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) surge a necessidade de reabilitar o edificado existente.

Este trabalho pretende numa primeira fase a caracterização construtiva do edificado existente da Rua Fernandes Tomás, situada numa das zonas mais antigas de Coimbra (um lugar conhecido como a "Alta" que pertence a uma área circundante de outra recentemente classificada como Património Mundial da UNESCO), através do levantamento visual dos edifícios. Com o objetivo de sistematização do levantamento foram utilizadas fichas de caracterização tipificadas, elaboradas com esse propósito.

Numa segunda fase procede-se à caracterização do comportamento térmico de soluções existentes e de medidas de reabilitação (relacionadas com a envolvente exterior) de edifícios antigos utilizando como ferramenta a regulamentação térmica, REH e como demonstração esta foi efetuada também com recurso ao programa informático *DesignBuilder*. Para tal, foram escolhidos dois edifícios da zona analisada aos quais foram aplicadas algumas intervenções com vista à redução das necessidades energéticas e a torna-los mais sustentáveis.

O nível da exigência de reabilitação do edifício existente, sobretudo nos centros urbanos antigos, pressupõe um conhecimento adequado do mesmo para a definição do tipo de intervenção. Para reunir dados precisos da realidade construída é importante desenvolver uma ferramenta para a análise dos edifícios, desenhando um instrumento compatível com as características da área onde o edifício está localizado e para os objetivos propostos.

Neste trabalho criou-se uma ferramenta que permitiu realizar o levantamento, o registo e a análise das características do edificado da Rua Fernandes Tomás, particularmente da envolvente exterior deste, e a obtenção de resultados relevantes

da realidade construída que permitiram passar à fase seguinte de análise do desempenho térmico dos casos de estudo.

São apresentados os resultados e estes mostram a existência de um edificado a reabilitar pouco eficiente e com necessidades energéticas maioritariamente de aquecimento. As medidas de melhoria relacionadas com a envolvente exterior, sendo o reforço do isolamento das paredes, coberturas e envidraçados, e o controlo da ventilação, promovem uma efetiva poupança de energia nos edifícios em estudo.

Palavras-chave

Certificação energética, desempenho térmico, centros antigos, características da envolvente exterior, reabilitação energética.

Abstract

In the past man depended on renewable energy sources (wood, windmills and watermills...). Since the Industrial Revolution, these sources are no longer sufficient, energy consumption is growing since then and as consequence the excessive dependency of fossil fuels. With the greenhouse gases emissions (GGE) associated, and environmental degradation, which is manifesting itself in the climate change, is necessary to look for sustainable solutions and implement appropriate measures to make amends to this situation, namely rethink the methods of production and consumption in the different sectors of human activity.

Being the sector of buildings responsible for a considerable percentage of the energetic consumption registered, one of the challenges passes by the improvement of its energy efficiency. Thus, the European Union has been imposing several regulating minimum energy performance of new and existing buildings. With the recently Directive n.º 2010/31/EU, of the European Parliament and of the Council, which updated in Portugal the “Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE)”, which integrates the “Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH)”, comes the need to rehabilitate the existing building.

This work aims in a first phase the constructive characterization of the existing building of the Fernandes Tomas Street, placed in one of the oldest parts of Coimbra (in the so-called place “Alta” belonging to the surrounding area of another recently classified as a UNESCO World Heritage) through visual survey of buildings. In order to systematize the survey a set of typified fact sheets of characterization were used, designed for this specific purpose.

In a second phase is carried out the characterization of the thermal behaviour of existing solutions and rehabilitation measures (related to the exterior envelope) of ancient building using the thermal regulation as tool, REH, and as a demonstration this was carried out also with resource to the software *DesignBuilder*. For such, have been chosen two buildings of the appraised zone, to which were applied some interventions in order to reduce energy consumption and making them more sustainable.

The level of the requirement for existing building rehabilitation, specifically in old urban centres, supposes a proper knowledge about it to the definition of the type of intervention. To gather accurate data about the constructed reality, is important to develop a tool for buildings’ analysis, designing an instrument compatible with the characteristics of the area where the building is located and the objectives pursued.

In this work, was created a tool which allowed to accomplish the survey, the registration and the analysis of the characteristics of the built, particularly from its exterior envelope, in Fernandes Tomás street and the achievement of relevant results of constructed reality, that allow to pass to the next stage of analysis of thermal performance.

The results are presented and they show the existence of a rehabilitating building inefficient with majorly heating needs. The measures related to exterior envelope, insulation improvements of walls, roofs and windows, and ventilation control promote an effectively energy saving in the study buildings.

Keywords

Energy certification, thermal performance, old city centres, characteristics of the exterior envelope, energy rehabilitation.

Índice geral

Cap.1. Introdução	1
1.1. Contexto	1
1.2. Objetivos do Trabalho.....	2
1.3. Estrutura	3
1.4. Breve descrição do Projeto EMSURE	5
Cap.2. Caracterização construtiva dos centros antigos	7
2.1. Características construtivas dos edifícios tradicionais	7
2.2. Características construtivas da Baixa de Coimbra	30
Cap.3. Caracterização construtiva da Rua Fernandes Tomás situada na Alta de Coimbra	39
3.1. Metodologia do trabalho	39
3.2. Desenho das fichas de inspeção	40
3.3. Aplicação das fichas à Rua Fernandes Tomás	43
3.4. Caracterização geral do edificado e da envolvente urbana	45
3.5. Tipificação das Soluções da Envolvente Exterior	53
3.6. Conclusões	73
Cap.4. Caracterização do desempenho térmico de soluções existentes e de intervenção	75
4.1. Metodologia do trabalho	75
4.2. Caracterização dos casos de estudo	77
4.3. Análise energética dos edifícios existentes segundo o REH - Metodologia e opções para a aplicação	81
4.4. Resultados da aplicação REH aos edifícios existentes	105
4.5. Caracterização das soluções de intervenção	106
4.6. Aplicação do REH às soluções de intervenção e resultados	111
4.7. Análise e conclusões da avaliação comparativa das diversas soluções	119
4.8. Análise energética do edifício 1 segundo o <i>EnergyPlus</i> - Metodologia e opções para a aplicação	122
4.9. Resultados da aplicação do <i>EnergyPlus</i>	131
4.10. Comparação dos resultados do <i>EnergyPlus</i> com o REH	138
Cap.5. Conclusões e trabalhos futuros	141
5.1. Trabalho desenvolvido	141
5.2. Conclusões gerais	142
5.3. Conclusões específicas	142
5.4. Trabalhos futuros	144
Bibliografia	145
Anexos	147

Índice de figuras

Figura 1 – Edifício anterior a 1755	7
Figura 2 – Edifício com andar de ressalto em Lisboa, anterior a 1755	8
Figura 3 – Gaiola tridimensional de madeira, característica da época pombalina. Modelo à escala 1:10, existente na Escola dos Sapadores Bombeiros de Lisboa	8
Figura 4 – Edifício entre 1755 e 1870.....	9
Figura 5 – Casos de intervenções em Lisboa, entre 1870 e 1930: a) Ampliação dos pisos superiores; b) Implantação de uma marquise na parede tardoz. Transição da espessura das paredes em altura	9
Figura 6 – Edifício entre 1870 e 1930.....	10
Figura 7 – Esquemas de assentamento dos vários tipos de pedra: a) pedra irregular; b)alvenaria de junta larga; c) pedra irregular; d) pedra lamelar; e) pedra irregular natural; f) pedra irregular corrigida	11
Figura 8 – Representações esquemáticas: a) Aparelho vulgar; b) Aparelho rústico; c) Aparelho poligonal.....	12
Figura 9 – Representações esquemáticas dos tipos de aparelho: a) aparelho regular; b)variante do aparelho regular, perpianhos e placas; c)aparelho opus pseudisodomum	12
Figura 10 – Secções típicas de paredes de alvenaria de pedra, da esquerda para a direita: pano simples; pano duplo sem ligação; pano duplo com ligação; pano triplo	13
Figura 11 – Representações esquemáticas de cunhais: a) largura constante; b) em alhetas	13
Figura 12 – a) Fachada em pedra; b) Aplicação de paredes em madeira	14
Figura 13 – Frontais: tecido, à galega e à francesa.....	16
Figura 14 – Tabique: simples, aliviado e de duas faces	17
Figura 15 – Assentamento do tijolo, da esquerda para a direita: ao alto, a meia vez e a uma vez em aparelho sistema perpianhos	18
Figura 16 – Esquemas de aparelhos, da esquerda para a direita e de cima para baixo: sistema inglês, sistema flamengo, sistema holandês e sistema francês.....	19
Figura 17 – Forro de cantaria; Envasamento de aparelho rústico e Soco de forro	20
Figura 18 – Exemplos de estruturas de madeira: a) estrutura de teto de esteira simples; b)estrutura de pavimento com interrupção para chaminé	21
Figura 19 – Ligações de vigas: a) encastramento direto na parede; b) apoio em frechal fixado com ferrolho e apoio em frechal assente sobre cachorro de cantaria	22
Figura 20 – Diferentes tipos de soalho: a) solho de junta; b) solho de chanfro; c) - solho à portuguesa; d) solho à inglesa	23
Figura 21 – Variantes do soalho: a)solho encabeirado b); solho espinhado; c) parquet.....	24
Figura 22 – Corte de pormenor da execução do forro sobreposto.....	24
Figura 23 – Cortes de pormenor: a) teto de masseira; b) teto sanqueado	25
Figura 24 – Cortes de pormenor: a) teto de caixotões; b) teto estucado.....	25
Figura 25 – Escadas: a) Corte transversal de uma escada; b) Estrutura de uma escada	26
Figura 26 – Estrutura da Asna de mansarda vulgar para telhados de mansarda	27
Figura 27 – Estrutura da asna simples	28
Figura 28 – Madeiramento de um telhado de duas águas: a) estrutura completa; b) alçado da vertente	28

Figura 29 – Vão envidraçado com caixilho de 2 batentes, travessa inferior almofadada e portada interior (veda-luz)	30
Figura 30 – Alvenarias de pedra irregular na Baixa de Coimbra	33
Figura 31 – Alvenarias com estrutura de madeira	33
Figura 32 – Cunhais e ligação entre paredes ortogonais	34
Figura 33 – Pavimento de madeira e ligação às paredes.....	35
Figura 34 – Estrutura da cobertura com vigas/barrotes apoiados sobre as paredes	36
Figura 35 – Estrutura da cobertura em asnamento	36
Figura 36 – Esquema das fichas de inspeção utilizadas no levantamento dos edifícios	40
Figura 37 – Exemplo da ficha de inspeção.....	41
Figura 38 – Exemplo da ficha do edifício	44
Figura 39 – Mapa de Localização da área de estudo.....	45
Figura 40 – Imagem da Torre de Almedina e da Casa das Fangas; localização da Torre do Trabuquete.....	45
Figura 41 – Época de construção do edifício	47
Figura 42 – Classificação dos edifícios quanto ao domínio e interesse arquitetónico	47
Figura 43 – Imagens da rua Fernandes Tomás	48
Figura 44 – Largura da via em frente ao edifício e tipo de implantação do edifício.....	48
Figura 45 – Número de pisos acima do solo e imagem de uma subcave (casa das talhas)	49
Figura 46 – Relação com a altura dos edifícios frontais e confinantes	49
Figura 47 – Nº de fachadas com aberturas e imagens de fachadas posteriores com aberturas ...	49
Figura 48 – Pé direito do rés-do-chão	50
Figura 49 – Tipo de utilização do rés-do-chão e dos pisos elevados	50
Figura 50 – Tipologia estrutural dos edifícios: a) Nº de edifícios por tipo de estrutura, b) e c) Imagens de diferentes tipologias estruturais	51
Figura 51 – Imagens de alteração de vãos no edifício nº 83 a 85.....	51
Figura 52 – Nº de edifícios intervencionados e estado de conservação global	52
Figura 53 – Exemplos de edifícios em mau estado de conservação	53
Figura 54 – Edifício da Casa das Talhas considerado em mau estado de conservação.....	53
Figura 55 – Exemplos de paredes da fachada posteriores e de empena	54
Figura 56 – Orientações das fachadas principais	54
Figura 57 – Constituições das paredes das fachadas principais.....	54
Figura 58 – Exemplos de paredes das fachadas principais alvenaria de pedra.....	55
Figura 59 – Exemplos de paredes das fachadas principais em alvenaria de tijolo	55
Figura 60 – Parede de fachada em alvenaria de pedra com estrutura de madeira	55
Figura 61 – Espessura das paredes exteriores.....	56
Figura 62 – Paredes exteriores: a) representações esquemáticas; b) imagem da fachada posterior do nº 83 a 85, em pedra, após a derrocada e reconstrução em tijolo	56
Figura 63 – Diversos tipos de fachadas com aberturas	57
Figura 64 – Nº de portas e janelas no rés-do-chão e no 1º piso.....	57
Figura 65 – Constituição do revestimento exterior da parede no rés-do-chão.....	58

Figura 66 – Constituição do revestimento exterior da parede nos pisos	58
Figura 67 – Imagens de diversos tipos de revestimentos exteriores de fachada.....	59
Figura 68 – Imagens de revestimentos da fachada em chapa metálica ao nível do último piso ..	59
Figura 69 – Cores dos revestimentos do rés-do-chão da fachada.....	59
Figura 70 – Cores dos revestimentos dos pisos da fachada	60
Figura 71 – Material dos guarnecimentos; exemplos e cores empregues	60
Figura 72 – Existência de anomalias na fachada principal e exemplos	61
Figura 73 – Registo de anomalias na fachada principal	61
Figura 74 – N ° de edifícios com pavimento em contacto com o solo; Pavimento com caixa-de-ar	62
Figura 75 – Pavimento elevado em contacto com o exterior.....	63
Figura 76 – Tipo de geometria da cobertura e nº de águas.....	63
Figura 77 – Imagens de coberturas da rua Fernandes Tomás	63
Figura 78 – Tipos de revestimento da cobertura e tipos de telha aplicados	64
Figura 79 – Cor do revestimento e tonalidade do revestimento	64
Figura 80 – Elementos da cobertura e sistemas de recolha de águas pluviais.	65
Figura 81 – Existência de isolamento na cobertura e imagem dos trabalhos de aplicação de isolamento na cobertura.....	65
Figura 82 – Esquema de cobertura com isolamento aplicada em reabilitações.....	66
Figura 83 – Existência de anomalias na cobertura e exemplos de coberturas degradadas	66
Figura 84 – Registo de anomalias na cobertura.....	67
Figura 85 – Existência de vãos envidraçados; imagens de vãos envidraçados e material da caixilharia e quadrícula.....	68
Figura 86 – Cores da caixilharia do rés-do-chão	68
Figura 87 – Material da caixilharia dos pisos e quadrícula.....	69
Figura 88 – Cores da caixilharia dos pisos	69
Figura 89 – Tipo de vidro e cor do vidro	69
Figura 90 – Dispositivos de proteção solar existentes no rés-do-chão e tipos de dispositivos de proteção solar interiores	70
Figura 91 – Exemplos de dispositivos de proteção solar interiores no rés-do-chão e cores dos dispositivos.....	70
Figura 92 – Dispositivos de proteção solar existentes nos pisos e tipos de proteção solar interior	70
Figura 93 – Exemplos de dispositivos de proteção solar interior nos pisos e cores dos dispositivos	71
Figura 94 – Implantação do vão na parede dos pisos e exemplos de janelas junto à face exterior	71
Figura 95 – Reabilitação de vãos envidraçados: eliminação de caixas de estore e exemplos de aplicação de 2º caixilho e de vidros duplos com substituição de caixilho	71
Figura 96 – Existência de anomalias nos vãos envidraçados e imagens de vãos com anomalias ..	72
Figura 97 – Registo de anomalias nos vãos envidraçados	73
Figura 98 – Registo de anomalias nos peitoris e imagem de um vão com deficiências no peitoril	73
Figura 99 – Identificação e localização dos edifícios	77

Figura 100 – Plantas dos pisos do edifício 1 - nºs 13 a 15	78
Figura 101 – Alçado principal, corte e fotografias do edifício 1 - nºs 13 a 15.....	78
Figura 102 – Plantas dos pisos do edifício 2 - nºs 31 a 33	79
Figura 103 – Alçados principal e posterior, corte e fotografias do edifício 2 - nºs 31 a 33	79
Figura 104 – Zonas climáticas de inverno (I) e verão (V)	85
Figura 105 – Esquema representativo da obstrução do horizonte (à esquerda) e do sombreamento horizontal (à direita) - Edifício 1.....	94
Figura 106 – Esquema representativo dos sombreamentos verticais laterais - Edifício 2	94
Figura 107 – Soluções de reforço da proteção térmica da envolvente opaca	107
Figura 108 – Soluções de reforço da proteção térmica de vãos envidraçados	107
Figura 109 – Soluções de reforço da proteção térmica dos envidraçados através do controlo dos ganhos solares	108
Figura 110 – Comparação dos resultados de Nic, Nvc e Ntc das diversas soluções para ambos os casos de estudo	121
Figura 111 – Esquema geral do processo de simulação com o EnergyPlus	123
Figura 112 – Vista isométrica do edifício modelo desenhado no Designbuilder.....	123
Figura 113 – Modelação tridimensional dos edifícios envolventes no Designbuilder.....	124
Figura 114 – Zonas térmicas: divisão e exemplificação	125
Figura 115 – Separador Location: inserção do ficheiro com as características climáticas da região de Coimbra.....	126
Figura 116 – Separador HVAC: seleção e introdução dos parâmetros dos equipamentos	126
Figura 117 – Separador HVAC: introdução de parâmetros da ventilação natural.....	127
Figura 118 – Separador Activity: introdução dos parâmetros da utilização dos espaços.....	128
Figura 119 – Separador Lighting: introdução de parâmetros da iluminação.....	128
Figura 120 – Separador Construction: introdução das soluções construtivas que não integram a base de dados como os frontais.	129
Figura 121 – Separador Openings: introdução de envidraçados e de sombreamentos.....	130
Figura 122 – Resultados do aquecimento do cenário 1	132
Figura 123 – Resultados do arrefecimento do cenário 1	132
Figura 124 – Resultados anuais do cenário 1	133
Figura 125 – Comparação dos resultados das necessidades de aquecimento das diversas soluções para os 3 cenários.....	137
Figura 126 – Comparação dos resultados das necessidades de arrefecimento das diversas soluções para os 3 cenários	137

Índice de tabelas

Tabela 1 – Caracterização da fração autónoma - Edifício 1	82
Tabela 2 – Caracterização da fração autónoma - Edifício 2	82
Tabela 3 – Resumo das áreas por piso dos elementos da envolvente do edifício 1	83
Tabela 4 – Resumo das áreas por piso dos elementos da envolvente do edifício 2	83
Tabela 5 – Identificação das zonas climáticas de inverno e dados climáticos dos edifícios	85
Tabela 6 – Resultados do cálculo da ventilação para os edifícios 1 (à esquerda) e 2 (à direita).	87
Tabela 7 – Dados do pavimento térreo em contacto com o solo Edifício 1	88
Tabela 8 – Características da envolvente interior em contacto com o espaço não útil - Edifício 2	89
Tabela 9 – Características da envolvente opaca - pavimentos interiores - Edifício 1	90
Tabela 10 – Características da envolvente opaca - pavimentos interiores - Edifício 2	90
Tabela 11 – Características da envolvente opaca - paredes adjacentes - Edifício 1	90
Tabela 12 – Características da envolvente opaca - paredes adjacentes - Edifício 2	90
Tabela 13 – Características da envolvente opaca - paredes interiores - Edifício 1	90
Tabela 14 – Características da envolvente opaca - paredes interiores - Edifício 2	90
Tabela 15 – Características da envolvente opaca - paredes exteriores - Edifício 1	91
Tabela 16 – Características da envolvente opaca - paredes exteriores - Edifício 2	91
Tabela 17 – Características dos vãos envidraçados e sombreamentos - edifício 1	94
Tabela 18 – Dados do fatores solares de inverno e verão - edifício 1	95
Tabela 19 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais da envolvente dos casos de estudo, máximos e de referência.	95
Tabela 20 – Escalões das classes energéticas do SCE	97
Tabela 21 – Resultados da aplicação do REH aos edifícios existentes	105
Tabela 22 – Classificação energética dos edifícios existentes	106
Tabela 23 – Resultados da aplicação do REH - solução A - envidraçados	112
Tabela 24 – Classe energética dos edifícios após aplicação da solução A - alteração dos envidraçados	112
Tabela 25 – Caracterização das paredes exteriores do edifício 1 após aplicação da solução B..	113
Tabela 26 – Caracterização das paredes exteriores do edifício 2 após aplicação da solução B..	113
Tabela 27 – Resultados da aplicação do REH - solução B - isolamento das paredes exteriores..	114
Tabela 28 – Classe energética dos edifícios após aplicação da solução B - isolamento das paredes exteriores	114
Tabela 29 – Caracterização das coberturas exteriores do edifício 1 após aplicação da solução C	115
Tabela 30 – Caracterização das coberturas exteriores do edifício 2 após aplicação da solução C	115
Tabela 31 – Resultados da aplicação do REH - solução C - isolamento da cobertura	116
Tabela 32 – Classe energética dos edifícios após aplicação da solução C - isolamento da cobertura	116
Tabela 33 – Resultados da aplicação do REH - solução D - alteração dos envidraçados e isolamento da cobertura.....	117

Tabela 34 – Classe energética dos edifícios após aplicação da solução D - alteração dos envidraçados e isolamento da cobertura	117
Tabela 35 – Resultados da aplicação do REH - solução E - aplicação das soluções A, B e C	118
Tabela 36 – Classe energética dos edifícios após aplicação da solução E - aplicação das soluções A, B e C	119
Tabela 37 – Comparação dos coeficientes de transmissão térmica superficiais da envolvente exterior	119
Tabela 38 – Resultados do balanço térmico anual do Edifício 1 - Existente.....	134
Tabela 39 – Alguns resultados do balanço térmico anual das zonas do edifício 1 - cenário 3....	134
Tabela 40 – Resultados do balanço térmico anual do Edifício 1 - soluções de intervenção	135
Tabela 41 – Alguns resultados do balanço térmico anual das zonas do edifício 1 - cenário 3 - aplicação do conjunto das soluções	138
Tabela 42 – Comparação das necessidades anuais de climatização do edifício 1	138

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

ADENE – Agencia para a energia

AQS – Águas Quentes Sanitárias

CAD – Computer Aided Design

CMC – Câmara municipal de Coimbra

CO₂ – Dióxido de carbono

DL – Decreto-lei

EPS – Poliestireno Expandido

GCH – Gabinete para o centro histórico

GEE – Gases com efeito estufa

GN – Gás Natural

GPL – Gás Propano Liquefeito

IT – Isolamento térmico

kgEP – Quilogramas equivalentes de petróleo

kWh – kilowatt hora

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NUTS – Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins estatísticos

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RECS – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

SCE – Sistema de Certificação Energética e Qualidade do Ar Interior de Edifícios

UNESCO – Organização Educacional, Científica e Cultural das Nações Unidas

UE – União Europeia

Lista de Nomenclaturas

A – área

A_i – Somatório das áreas do espaço não útil em contato com o espaço útil

A_u – Somatório das áreas do espaço não útil em contato com o exterior

a – parâmetro que traduz a influência da classe de inércia térmica

A_{cob} – Área da cobertura em planta

A_{env} – Área de envidraçados

A_{op} – Área do elemento da envolvente opaca exterior

A_p – Área interior útil de pavimento, medida pelo interior

$A_{s,i nj}$ – área efetiva coletora de radiação solar do vão envidraçado na superfície n com a orientação j

$A_{s,n nj}$ – Área efetiva coletora de radiação solar da superfície do elemento n com a orientação j

$A_{s,v nj}$ – Área efetiva coletora de radiação solar de cada vão envidraçado n com orientação j

b_{tr} – Coeficiente de redução de perdas

e – Espessura

$E_{ren,p}$ – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável p , incluindo apenas energia consumida e/ou exportada

$f_{a,k}$ – Parcela das necessidades de energia útil para produção de AQS supridas pelo sistema k

Fg – Fração envidraçada do vão envidraçado

$f_{i,k}$ – Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema k

$F_{pu,j}$ e $F_{pu,p}$ – fatores de conversão de energia útil para energia primária

F_s – Fator de obstrução da radiação

$F_{s,i nj}$ – fator de obstrução do vão envidraçado n com orientação j na estação de aquecimento

$F_{s,v nj}$ – Fator de obstrução da superfície do elemento n com a orientação j

$f_{v,k}$ – Parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento supridas pelo sistema k

F_w – Fator de correlação da seletividade angular dos envidraçados

g – Fator solar do vão envidraçado

GD – Número de graus-dias de aquecimento especificados para cada região NUTS III

G_{solj} – Energia solar média incidente numa superfície com orientação j durante toda a estação de arrefecimento

G_{sul} – Valor médio mensal de energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul, durante a estação de aquecimento, por unidade de superfície

g_v – Fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento

$H_{ext_{env}}$ – Coeficiente de transferência de calor dos vãos envidraçados

$H_{ext_{par}}$ – Coeficiente de transferência de calor das paredes exteriores

$H_{tr,i}$ – Coeficiente de transferência de calor por transmissão

$H_{tr,v}$ – Coeficiente de transferência de calor por transmissão na estação de verão

$H_{ve,i}$ – Coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento

$H_{ve,v}$ – Coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de arrefecimento

I_t – Inércia térmica

L_v – Duração da estação de arrefecimento

M – Duração média da estação convencional de aquecimento

M_{AQS} – Consumo médio diário de referência de AQS

M_{si} – Massa superficial do elemento i

M_t – Massa total

N_i – Valor máximo de energia útil para aquecimento

N_{ic} – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento dos edifícios

N_t – Necessidades nominais anuais máximas de energia primária de um edifício de habitação

N_{tc} – Necessidades nominais anuais de energia primária de um edifício de habitação

N_v – Valor máximo de energia útil para arrefecimento

N_{vc} – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento dos edifícios

P_d – Pé direito médio da fração

Q_a – Necessidades de energia útil para produção de AQS, supridas pelo sistema k

Q_g – Ganhos térmicos brutos na estação em estudo

$Q_{g,i}$ – Ganhos térmicos brutos

$Q_{g,i, REF}$ – Ganhos térmicos brutos de referência

$Q_{gu,i}$ – Ganhos térmicos úteis de aquecimento

$Q_{gu,v}$ – Ganhos térmicos úteis de arrefecimento

q_{int} – Ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície

$Q_{int,i}$ – Ganhos internos brutos na estação de aquecimento

$Q_{sol,i}$ – Ganhos solares brutos pelos vãos envidraçados na estação de aquecimento

$Q_{sol,v}$ – Ganhos solares brutos pelos vãos envidraçados na estação de arrefecimento

Q_{tr} – Transferência de calor por transmissão através da envolvente dos edifícios, na estação em estudo

$Q_{tr,i}$ – Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento

$Q_{tr,iREF}$ – Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento de referência

$Q_{tr,v}$ – Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação do arrefecimento

$Q_{tr,vREF}$ – Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento de referência

Q_{ve} – transferência de calor por ventilação na estação em estudo

$Q_{ve,i}$ – Perdas de calor por ventilação correspondentes à renovação do ar interior durante a estação de aquecimento

$Q_{ve,v}$ – Transferência de calor correspondente à renovação de ar interior durante a estação de arrefecimento

R – Resistência térmica

$R_{ph,i}$ – Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento

$R_{ph,v}$ – Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento

R_{se} – Resistência térmica superficial exterior

R_{si} – Resistência térmica superficial interior

S_i – Área do elemento i

U – Coeficiente de transmissão térmica de um elemento

U_{MAX} – Coeficiente de transmissão térmica máximo

$U_{equivalente}$ – Coeficiente de transmissão térmica equivalente

U_{REF} – Coeficiente de transmissão térmica de referência

$U_{w, dn}$ – Coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite de um vão envidraçado

V – Volume interior

V_{ENV} – Volume do espaço não útil.

X_j – Fator de orientação para as diferentes exposições

z – Altitude de referência

α – Coeficiente de absorção de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca

ΔT – Aumento de temperatura necessário a preparação das AQS e que, para efeitos do presente cálculo, toma o valor de referência de 35°C.

η_i – Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento

η_k – Eficiência do sistema k

η_d – Número anual de dias de consumo de AQS de edifícios residenciais

$\theta_{\text{ext,v}}$ – Temperatura média do ar exterior para a estação de arrefecimento

$\theta_{\text{v,ref}}$ – Temperatura de referência para o cálculo das necessidades de energia na estação de arrefecimento

λ – Condutibilidade térmica

Ψ – Coeficiente de transmissão térmica linear

Cap. 1. Introdução

1.1. Contexto

A elaboração da presente dissertação é resultado da crescente preocupação com a eficiência energética dos edifícios, motivada por questões ambientais e de insustentabilidade, além de outras como a dependência dos combustíveis fósseis que por consequência se traduz no aquecimento global que se tem verificado. Neste âmbito surge a necessidade de diminuir o consumo de energia primária dos edifícios e a consequente produção de CO₂ relacionada com este consumo. Estima-se que um quinto do total da procura global de energia tem origem nas necessidades do sector residencial para seu aquecimento, arrefecimento e iluminação [Brounen et al, 2011].

A maioria dos edifícios portugueses foi construída em épocas anteriores à entrada em vigor da regulamentação térmica, o que leva a que estes apresentem um consumo de energia maior que os erguidos recentemente utilizando técnicas construtivas apuradas com o tempo e desenvolvidas no domínio da melhoria do desempenho térmico. A primeira regulamentação portuguesa para o conforto térmico foi aprovada em 1990 pelo Decreto-Lei nº 40/90, de 6 de Fevereiro, conhecido como o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

Portugal enquanto Estado-membro tem vindo a transpor para o direito nacional a regulamentação europeia relativa ao desempenho energético dos edifícios novos e existentes. Devido à Diretiva Europeia 2002/91/CE, de Abril de 2006, foram publicados em Portugal três documentos legislativos: o Decreto-Lei nº 78/2006, que estabelece o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), e consequentemente os outros dois regulamentos que são fundamentais para o funcionamento do SCE, o Decreto-Lei nº 79/2006, correspondente ao Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios (RSECE), e o Decreto-Lei nº 80/2006 que veio substituir o primeiro RCCTE.

Presentemente encontra-se em vigor o Decreto-lei 118/2013, de 20 de Agosto, que veio atualizar a legislação nacional ao nível das exigências do comportamento térmico dos edifícios e melhorar a sistematização e o âmbito de aplicação da certificação energética e respetivos regulamentos, das alterações introduzidas surge o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

Este Decreto-lei que transpõe para direito nacional a Diretiva nº 2010/31/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, com as novas disposições por ele introduzidas, visa sobretudo alinhar os requisitos nacionais às imposições desta, como o cumprimento dos desafios estabelecidos para a política energética europeia, traduzindo-se num objetivo de “necessidades quase nulas de energia” para a nova construção (e consumos suportados a partir de fontes de energia renováveis). O documento define ainda metas comuns a cumprir até ao ano 2020 sendo estas: a

redução de 20% nas emissões de gases com efeitos de estufa (GEE) pelo menos 20 % relativamente aos níveis de 1990; aumentar para 20% a utilização de energia proveniente de fontes renováveis no nosso consumo energético final e o aumento em 20% da eficiência energética. Com a implementação desta diretiva surge igualmente a oportunidade e a necessidade de reabilitar o edificado existente e de torna-lo mais eficiente de modo a serem cumpridos os objetivos assumidos pela UE.

Se considerarmos que por motivos socioeconómicos, entre outros, os edifícios menos eficientes, em consequência da sua degradação e da não existência de exigências de conforto aquando da sua construção, se encontram nos centros urbanos antigos pode-se concluir que esta é a localização mais pertinente para o desenvolvimento desta tese.

Considerando a reabilitação energética (intervenção na envolvente de edifícios existentes para melhorar o seu comportamento térmico e consequentemente reduzir o consumo energético) desenvolvida num contexto de eficiência e sustentabilidade é essencial o conhecimento rigoroso dos elementos do edifício e o seu desempenho.

Ao proceder à reabilitação energética pretende-se melhorar o desempenho térmico da envolvente do edifício como um todo, melhorando o isolamento térmico sem comprometer drasticamente a redução da inércia térmica, que consiste numa consequência recorrente do isolamento interior das alvenarias onde o acabamento exterior deve ser preservado.

Verifica-se para os elementos dos edifícios antigos a existência de diversas soluções distintas pelo que o seu conhecimento, assim como das técnicas e dos materiais locais utilizados, é essencial para assegurar a compatibilidade entre a ação e o elemento existente, no sentido de uma intervenção durável e precisa, quer num âmbito de sustentabilidade e quer de respeito pelas características tradicionais arquitetónicas e a pela importância do património construído.

As técnicas construtivas utilizando como materiais de base a pedra e a madeira entraram em declínio aquando do aparecimento do betão armado, contudo as características únicas destes materiais, como a resistência e a durabilidade, permitiram que estes edifícios continuem a integrar o tecido urbano especialmente dos centros antigos.

1.2. Objetivos do Trabalho

Como objetivo geral pretende-se analisar as características das construções existentes, assim como algumas estratégias de intervenção com a finalidade de melhorar a eficiência energética das habitações. Este trabalho insere-se no âmbito do projeto EMSURE – *Energy and Mobility for Sustainable Regions* e enquadra-se na Task 3.5 – *Existing buildings: Building Envelope of Existing Buildings* e subtask 3.5.1 – *Characterization and appraisal of existing buildings in old city centres in terms of thermal performance*.

São objetivos específicos deste trabalho:

- A identificação e a caracterização das tipologias construtivas dos edifícios tradicionais dos centros urbanos antigos, e da baixa de Coimbra em particular.

- O desenvolvimento de uma ferramenta para a análise dos edifícios, aplicável aos edifícios da Rua Fernandes Tomás, no centro histórico da cidade de Coimbra (Alta), caracterizando os elementos da construção e analisando alternativas de intervenções na envolvente exterior, bem como a sua implementação e a apresentação dos resultados à análise efetuada.

- A identificação das soluções de intervenção aplicadas na reabilitação aos edifícios antigos situados na zona histórica de Coimbra.

- A análise do desempenho térmico de dois edifícios existentes na Rua Fernandes Tomás (situada na Alta de Coimbra) e das propostas de intervenção com vista à sua reabilitação e promoção da eficiência energética, especificamente do desempenho térmico das soluções da envolvente exterior. Para tal são identificados, analisados e comparados os resultados de diferentes soluções aplicadas na reabilitação energética. Para a concretização deste último objetivo, são utilizadas como ferramentas de avaliação: regulamentação térmica em vigor, REH, e o programa informático *DesignBuilder V2.4.4.026*, que efetua a análise através do *EnergyPlus*, um método de análise em regime dinâmico.

1.3. Estrutura

A presente tese divide-se em 5 capítulos de acordo com a descrição que se apresenta de seguida.

O capítulo 1 corresponde à introdução do trabalho, enquadramento do tema, os objetivos e a estrutura adotada.

No capítulo 2 apresenta-se as características construtivas dos edifícios existentes nos centros urbanos antigos e divide-se em dois pontos. Num primeiro ponto faz-se uma abordagem geral às principais técnicas antigas de construção utilizadas por todo o País e no segundo é feita a caracterização construtiva da baixa de Coimbra efetuada com base no trabalho de tratamento rigoroso e detalhado realizado pelo Professor Doutor Romeu Vicente [Vicente, 2008], da Universidade de Aveiro, aos dados recolhidos do levantamento de cerca de 800 edifícios existentes, realizado pelas equipas da Universidade de Coimbra no Processo de Renovação da Baixa de Coimbra, um protocolo assinado entre a Universidade de Coimbra e a Câmara municipal de Coimbra.

Na medida em que o nível da exigência de reabilitação do edifício antigo pressupõe um conhecimento adequado do mesmo para a definição do tipo de intervenção, assim, este enquadramento torna-se necessário para possibilitar o diagnóstico e análise, de forma sintética e célere, das soluções construtivas existentes

na Rua Fernandes Tomás e posterior definição de estratégias de intervenção com vista à reabilitação energética.

As ações de avaliação e diagnóstico serão débeis e infrutíferas se conduzidas com insuficiente conhecimento do valor e da identidade do edifício, das características e das técnicas de construção, dos materiais e do comportamento estrutural, das anomalias e dos defeitos sistemáticos destas construções, das alterações e das ações de conservação, etc. Um diagnóstico inadequado terá um efeito negativo na análise do edifício, comprometendo a eficiência das futuras intervenções e promovendo o desrespeito pelos valores da reversibilidade, compatibilidade e adaptabilidade, e a descaracterização da imagem urbana do património.

O capítulo 3 refere-se à caracterização construtiva da Rua Fernandes Tomás e divide-se em seis pontos.

De modo a obter dados precisos sobre o ambiente construído é importante dispormos de uma adequada ferramenta de análise, que seja compatível com as características da área onde o edifício está localizado mas também para os objetivos pretendidos. Assim os três primeiros pontos deste capítulo referem-se à metodologia adotada, desenvolvida no âmbito do desempenho do térmico da envolvente, para elaborar as fichas de diagnóstico utilizadas no levantamento dos edifícios, ao desenho das fichas e à sua aplicação no campo, incluindo o tratamento dos dados recolhidos.

Dá-se particular atenção aos elementos da envolvente exterior, cujo estudo constitui o cerne desta tese. A envolvente tem carácter fundamental na valorização, na segurança estrutural e na preservação dos edifícios, como também nas condições de conforto mínimas e de salubridade, e o mesmo deve igualmente ser estendido à sua contribuição na redução das necessidades energéticas sem a qual as soluções interiores dificilmente atingem a desejada eficiência.

Os restantes pontos apresentam os resultados e as conclusões da avaliação efetuada em duas vertentes: a caracterização geral do edificado e da envolvente urbana, e a tipificação das soluções da envolvente exterior.

O capítulo 4 aborda a metodologia de trabalho desenvolvida para análise do desempenho térmico, apresentando a caracterização dos casos de estudo e as soluções construtivas. Seguidamente é realizada a análise do desempenho térmico das soluções existentes e das intervenções de reabilitação energética propostas, através da aplicação do REH e do programa informático *DesignBuilder*, sendo apresentados os resultados obtidos e as conclusões da avaliação comparativa das análises realizadas. São definidas propostas distintas de reabilitação a aplicar na envolvente com o objetivo de melhorar o seu comportamento térmico e analisar as mudanças que introduzem.

Este capítulo realça ainda a importância da regulamentação energética na melhoria da qualidade térmica e conforto interior dos edifícios.

O capítulo 5 corresponde às conclusões obtidas da realização do trabalho.

1.4. Breve descrição do Projeto EMSURE

O projeto Energy and Mobility for SUSTainable REgions (EMSURE), integra a iniciativa *Energy for Sustainability* (EFS) da Universidade de Coimbra, e caracteriza-se como um empreendimento de investigação orientado para questões diversas no âmbito da energia e da mobilidade.

A Task 3.5 – *Existing buildings: Building Envelope of Existing Buildings* do projeto EMSURE engloba as subtasks seguintes, das quais se referem os principais objetivos:

- Subtask 3.5.1 - *Characterization and appraisal of existing buildings in old city centres in terms of thermal performance* - Caracterização dos edifícios da Alta de Coimbra através da análise da Rua Fernandes Tomás. Definição de fichas de caracterização tipificadas e caracterização da envolvente exterior e interior para estudo do seu desempenho térmico;
- Subtask 3.5.2 - *Improvement measures* - Simulação do comportamento térmico de 3 edifícios caracterizados no ponto anterior (13 a 15; 31 a 33; 77 a 81) antes e após ações de intervenção correntes (já executadas pela CMC - isolamento da cobertura, aplicação de 2º caixilho e isolamento térmico interior com a aplicação de reboco térmico) e outras soluções adequadas e compatíveis com os edifícios existentes;
- Subtask 3.5.3 - *Energetic sustainability* - Aplicação de um modelo de avaliação da sustentabilidade em ações de reabilitação, desenvolvido no âmbito de uma tese de doutoramento. Análise e simplificação do modelo para aplicação aos edifícios selecionados.

O presente trabalho enquadra-se na subtask 3.5.1 e em parte da subtask 3.5.2 (simulação do comportamento térmico dos edifícios 13 a 15; 31 a 33).

Cap.2. Caracterização construtiva dos centros antigos

2.1. Características construtivas dos edifícios tradicionais

A tipologia e constituição dos edifícios antigos dependem de vários fatores nomeadamente, da época de construção, do tipo de meio urbano onde se inserem, das técnicas locais conhecidas, da disponibilidade e qualidade regional dos recursos como materiais e mão-de-obra, e de outros como a exigência funcional e a qualidade pretendidas, a capacidade financeira do dono de obra ou critérios de carácter económico.

De forma muito genérica, tomando como referência histórica o centro urbano antigo de Lisboa, pode estabelecer-se a seguinte distinção dos edifícios antigos construídos até ao aparecimento do betão armado, de acordo com a sua época de construção e com as tecnologias de construção empregues [Pinho, 2000]:

- Edifícios com estrutura de alvenaria de pedra, anteriores a 1755;

Caracterizam-se por, apresentarem paredes de alvenaria de pedra, pavimentos elevados de madeira e divisórias de madeira (Figura 1). Os edifícios possuem até 4 pisos e reduzido espaço para escadarias junto à fachada, pé-direito baixo e com poucas aberturas para o exterior. Podem dividir-se em 3 tipos distintos: edifícios de qualidade (com alvenaria de pedra bem cuidada, pedra aparelhada pelo menos nos cunhais e com elementos de travamento), edifícios de qualidade inferior (com alvenaria de pedra pobre argamassada de grande espessura e situações de amaciamento ou gigantes, com taipa e sem elementos de travamento) e edifícios com andar de resalto (com rés-do-chão em alvenaria de pedra, e arcadas nos pisos inferiores que suportam um ou dois pisos com estrutura reticulada de madeira, salientes em relação ao rés-do-chão, como exemplifica a Figura 2).

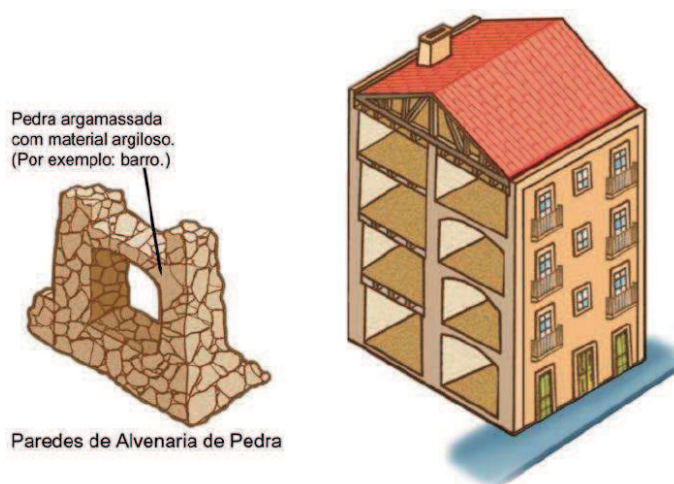


Figura 1 – Edifício anterior a 1755 [Nunes, 2003].

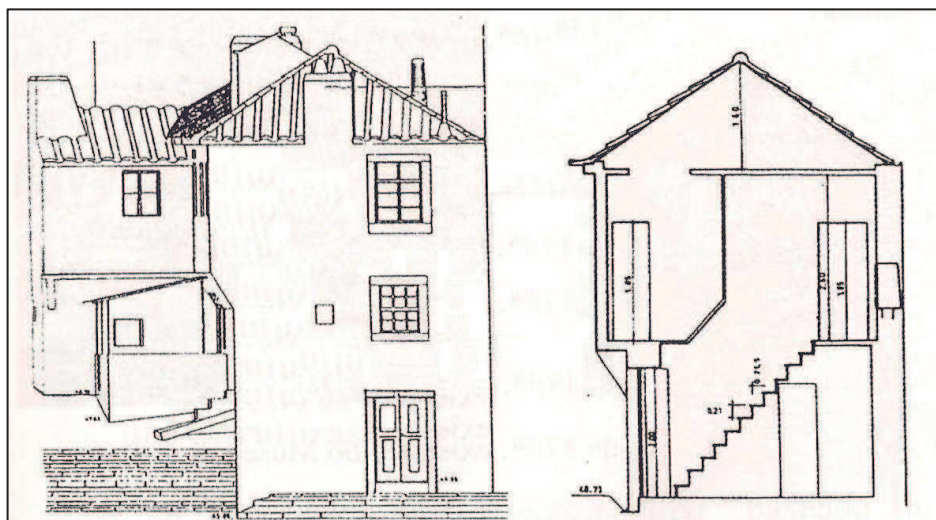


Figura 2 – Edifício com andar de ressalto em Lisboa, anterior a 1755 [Pinho, 2000].

- Edifícios com estrutura de alvenaria da época pombalina e similares, entre 1755 e 1870;

Construídas a partir de uma estrutura de madeira reforçada com diagonais de travamento, a cruz de Santo André, e revestida a alvenaria de pedra, que interligava paredes resistentes interiores e exteriores entre si e com outros elementos de madeira como tabiques, vigamentos dos pavimentos e asnas de cobertura, constituía-se uma estrutura solidária, que designavam gaiola tridimensional pombalina (Figura 3). Geralmente constituídos por 5 pisos, com arcaria de pedra ou abóbadas de tijolo no andar térreo, pé direito mais elevado da ordem de 3,70m para rés-do-chão e 1º andar, rés-do-chão amplo e rasgado para instalação de lojas, escadas e acessos a ocupar mais espaço importante, paredes divisórias de tabique com acabamento fasquiado, paredes da fachada principal rasgadas por várias e amplas janelas, e aproveitamento de águas furtadas e mansardas. A Figura 4 exemplifica os edifícios deste período.



Figura 3 – Gaiola tridimensional de madeira, característica da época pombalina. Modelo à escala 1:10, existente na Escola dos Sapadores Bombeiros de Lisboa [Pinho, 2000].

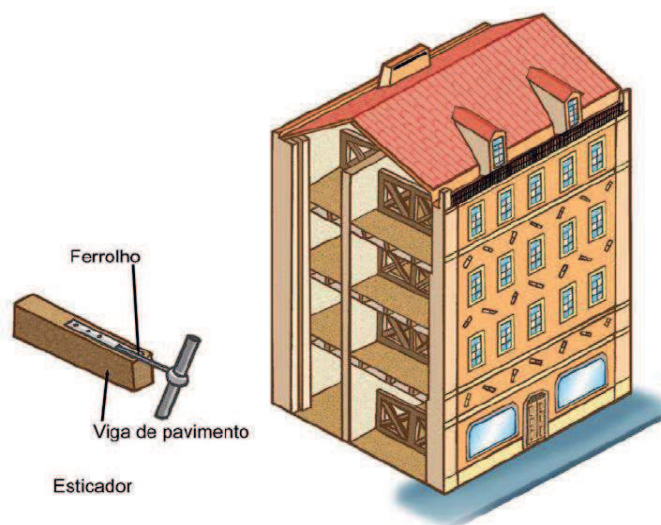


Figura 4 – Edifício entre 1755 e 1870 [Nunes, 2003].

- Edifícios com estrutura de alvenaria tipo gaioleiro, entre 1870 e 1930;

Estes edifícios caracterizam-se pela sua grande variabilidade de soluções e falta de ligação adequada entre os vários elementos como, paredes resistentes em alvenaria de pedra irregular argamassada, nas fachadas principal e tardoz, com espessuras variáveis em altura, frontais nas paredes meeiras, alvenarias resistente de tijolo maciço, dispostas a meia vez nas empenas e num ou outro local interior, paredes interiores em tabique, pavimentos de madeira com estrutura de barrotes assentes diretamente sobre as paredes. Sendo esta uma época de grande expansão das cidades, os edifícios ganharam mais um ou dois pisos e na parte posterior surgiram marquises. Os edifícios construídos no final do período aumentaram de dimensão em planta, e a necessidade de arejar e iluminar as zonas interiores fez surgir saguões na zona central ou reentrâncias na zona de empena (Figura 5 e 6).

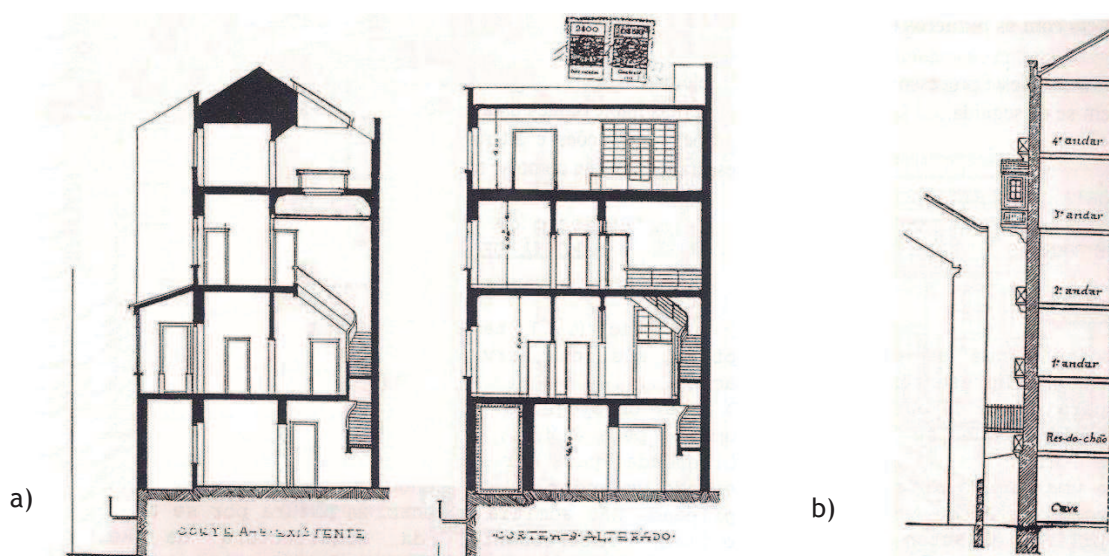


Figura 5 – Casos de intervenções em Lisboa, entre 1870 e 1930. a) Ampliação dos pisos superiores; b) Implantação de uma marquise na parede tardoz. Transição da espessura das paredes em altura [Pinho, 2000].

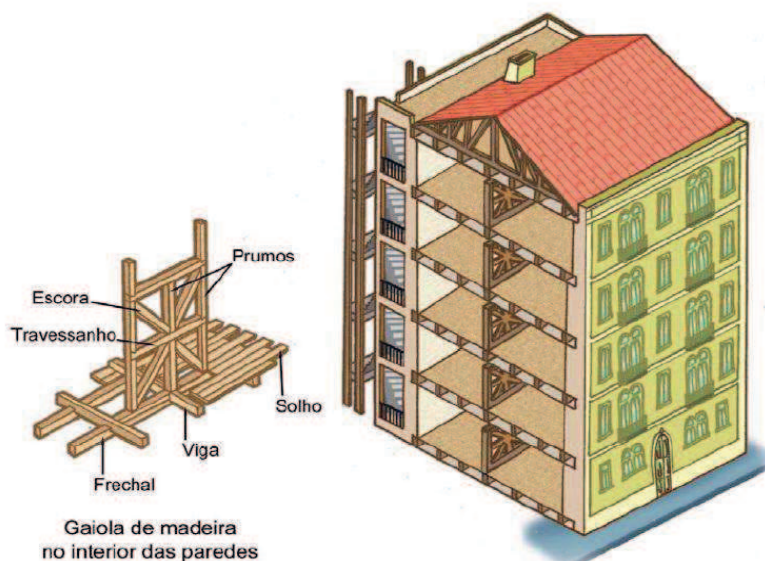


Figura 6 – Edifício entre 1870 e 1930 [Nunes, 2003].

Em seguida, faz-se a caracterização das soluções construtivas da envolvente, mais relevantes, da qual é de extrema importância obter um conhecimento detalhado da sua constituição para a perceção do comportamento térmico, quando se pretende executar uma intervenção de reabilitação energética. Os elementos que compõem a envolvente são muito heterogêneos em termos de comportamento, devido à heterogeneidade de materiais (pedras, madeira, argamassas, etc...), às técnicas construtivas (tabiques, frontais, etc...) e seu ao grau de conservação. Os materiais condicionam o seu desempenho térmico, mas também as possíveis anomalias que possam surgir, por exemplo, o uso de pedra calcária e argamassas de barro é muito suscetível à ação da água, nomeadamente nos processos de retenção e secagem, ou o uso de certas espécies de madeiras com características mecânicas deficientes, que empenam e retraem com facilidade, vulneráveis à variabilidade das condições termohigrométricas, e suscetíveis ao ataque xilófago e biológico.

Assim, são foco de uma análise mais pormenorizada, os elementos construtivos da envolvente como, paredes, pavimentos, coberturas e vãos.

2.1.1. Paredes exteriores e interiores

As paredes exteriores podem ser classificadas, relativamente à função ou fim a que se destinam, em fachada frente (principal), fachada tardoz, fachada lateral (de empena) e parede de meação (meeira), eram também frequentemente designadas de paredes-mestras devido às suas funções resistentes.

As paredes interiores podem ser resistentes ou de compartimentação, são usadas sobretudo para as divisórias dos pisos, sendo que as divisórias resistentes eram normalmente constituídas em pedra ou frontais e as de compartimentação constituídas por tabiques. Os tabiques constituem divisórias ligeiras, com um toco de madeira, não se destinam a suportar qualquer tipo de carga senão formar os

pequenos compartimentos do edifício, contudo e apesar de possuírem uma espessura reduzida assumem um papel importante na ligação entre paredes, pavimentos, escadas e coberturas.

Na sua generalidade, e de acordo com o tipo de materiais empregue, as paredes antigas apresentam duas tipologias: homogéneas, representada pelas cantarias e alvenarias (pedra, tijolo, taipa, etc.) e mistas onde se enquadram as alvenarias com estrutura de madeira (frontais) [Pinho, 2000].

Apresentam-se de seguida, classificadas de acordo com a natureza e características dos materiais e ligantes empregues, as paredes de alvenaria de pedra que podem encontrar-se nos centros antigos [Pinho, 2000; Costa, 1955]:

- **Paredes de alvenaria de pedra ordinária irregular** são constituídas por pedras irregulares assente com argamassa de cal e areia, usualmente revestidas a reboco, com 0,02 metros de espessura. Estas apresentam um assentamento aleatório, com juntas desalinhadas e irregulares, contudo, é empregue algum cuidado na sua execução, nomeadamente a seleção das pedras de maior dimensão, de forma tosca e com a melhor base, para iniciar o assentamento, e a colocação de elementos travadouros da dimensão da espessura da parede (Figura 7). Em cada camada de pedras são deixadas as necessárias salientes para garantir o travamento com a camada superior e são preenchidos os espaços vazios com pedras de mais pequena dimensão, de forma a evitar preencher com pedra miúda e argamassa. A ligação entre duas paredes é efetuada através de elementos como grandes cunhais de alvenaria, e dispositivos metálicos de ligação, como tirantes, que garantam o travamento entre os dois paramentos. Esta alvenaria representa a generalidade das paredes antigas;

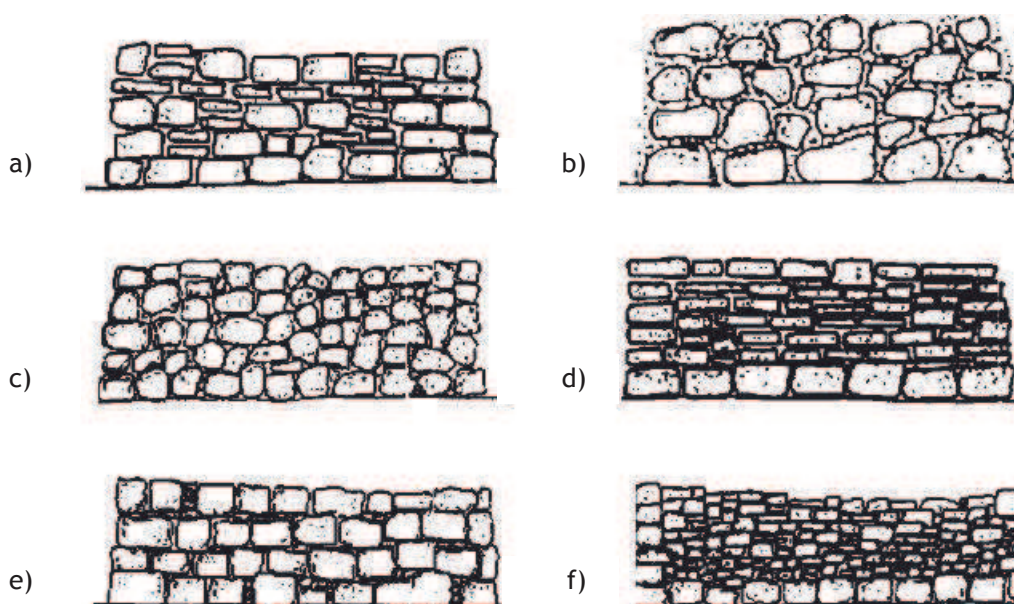


Figura 7 – Esquemas de assentamento dos vários tipos de pedra: a) pedra irregular; b) alvenaria de junta larga; c) pedra irregular; d) pedra lamelar; e) pedra irregular natural; f) pedra irregular corrigida [Martins et al, 2005].

- **Paredes de alvenaria de pedra aparelhada** consistem de pedras aparelhadas regulares ou de pedras irregulares facetadas nos paramentos à vista. Distinguem-se vários aparelhos, quanto ao assentamento e corte da pedra, como o rústico e o poligonal, constituídos por pedras irregulares facetadas na face à vista, no primeiro as pedras acompanham-se com um fio de argamassa hidráulica e vinca-se o seu contorno através de um sulco que as salienta, no segundo o assentamento com uma espessura cerca de 0,01m de argamassa forma uma ligeira concavidade (Figura 8);



Figura 8 – Representações esquemáticas: a) Aparelho vulgar; b) Aparelho rústico; c) Aparelho poligonal [Costa, 1955].

- **Cantarias** são constituídas por pedras aparelhadas, cortadas em forma de paralelepípedos, e geralmente assentes com argamassa, sendo necessário para a sua composição a escolha das pedras com um melhor aspeto e mais consistentes. O seu elevado custo restringia o seu uso a edificações mais nobres. Os aparelhos das pedras podiam ser feitos de diversas formas, o mais vulgar era o *opus isodomum* dos romanos ou aparelho regular (Figura 9);

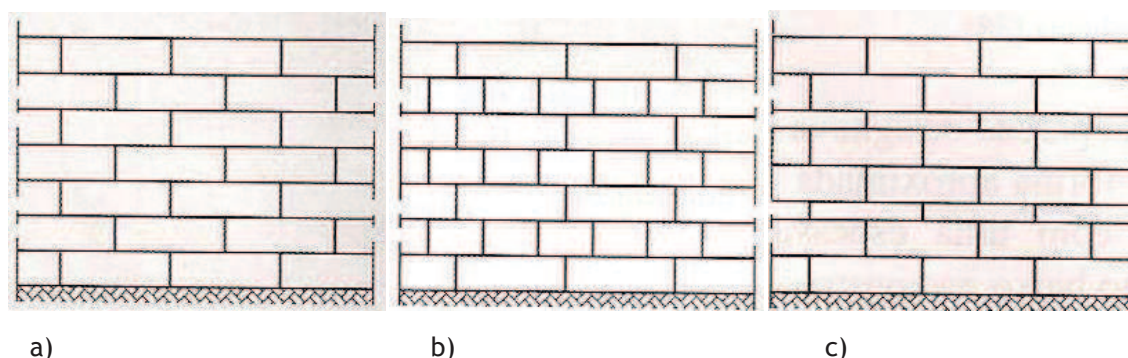


Figura 9 – Representações esquemáticas dos tipos de aparelho: a) aparelho regular; b) variante do aparelho regular, perpianhos e placas; c) aparelho opus pseudisodomum [Segurado, 1908].

- **Paredes em alvenaria de pedra seca** são constituídas por pedras de dimensão irregular sobrepostas sem qualquer uso de argamassa, a sua execução requer um especial cuidado no travamento das pedras entre si, através do seu encaixe e da utilização de escassilhos, geralmente são rebocadas pelo interior;

- **Paredes mistas** conjugam vários tipos de constituintes como cantaria e alvenaria, sendo a cantaria aplicada para efeitos decorativos ou para reforçar as zonas sujeitas a maiores esforços, como cornijas, cunhais, pilastras, etc. E outros, como alvenaria de pedra e madeira ou alvenaria de pedra e tijolo.

As alvenarias de pedra, geralmente de granito, de xisto ou de calcários, podiam incorporar ainda outros agregados como fragmentos de tijolo e cacos cerâmicos, e aglomerados como barro e cimento, sendo a sua constituição muito dependente da disponibilidade regional dos materiais.

As secções transversais típicas das paredes de pedra podem ser de pano simples, pano duplo sem ou com ligação e pano triplo, conforme se representa na Figura 10. Alvenarias de dois panos podem apresentar um núcleo de enchimento com uma mistura de fragmentos de pedra e argamassa de cal ou barro pouco consistente.

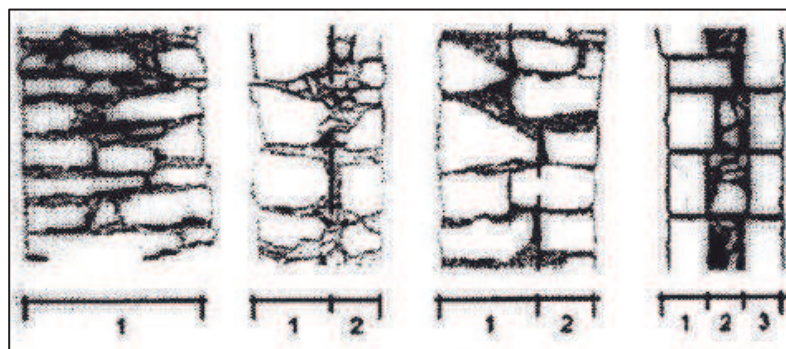


Figura 10 – Secções típicas de paredes de alvenaria de pedra, da esquerda para a direita: pano simples; pano duplo sem ligação; pano duplo com ligação; pano triplo [Binda et al, 2000].

Os cunhais exigiam especial cuidado de execução para um melhor travamento das paredes ortogonais, assim como pedras de maior dimensão e melhor qualidade, estas deveriam ter comprimento mínimo de 0,60 metros. Os cunhais podiam ser formados a partir de várias disposições das pedras, nomeadamente por sobreposição em largura constante em ambos os paramentos, com pedras de comprimento igual ou variável, ou em alhetas como exemplificado na Figura 11 [Pinho, 2000].

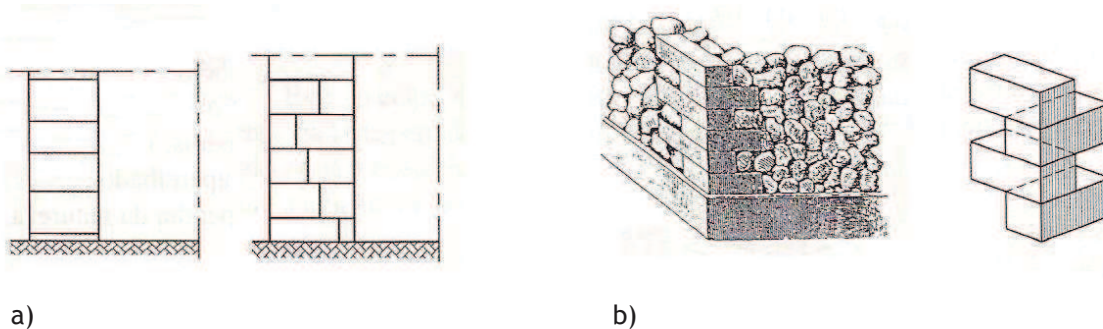


Figura 11 – Representações esquemáticas de cunhais: a) largura constante [Segurado, 1908]; b) em alhetas [Segurado, 1908; Leitão, 1896].

As suas espessuras foram calculadas, durante muito tempo, de forma empírica tendo em consideração fatores como a sua altura, qualidade dos materiais, esforços suportados, existência de paredes de contraventamento perpendiculares, condições de ligação a outros elementos, etc. A definição de uma espessura mínima obrigatória era uma medida comum entre os construtores [Pinho, 2000]. As paredes-mestras tinham a sua espessura reduzida em 0,10 metros em cada andar do edifício, até o valor mínimo de 0,40 metros [Costa, 1955].

As paredes de pedra apresentam vantagens como, o elevado nível de durabilidade, e a grande inércia térmica, devido à elevada espessura das paredes que, em função da qualidade da pedra e do número de pisos do edifício, poderiam facilmente atingir 1 metro. Esta espessura elevada podia traduzir-se não só no baixo aproveitamento da área potencialmente habitável mas também no seu elevado custo, a nível de material e de mão-de-obra.

Em edifícios típicos, encontram-se na mesma parede tipologias diferentes ao longo do seu desenvolvimento em altura. A envolvente exterior por norma é em alvenaria de pedra, podendo o rés-do-chão ser de alvenaria aparelhada e nos pisos superiores ser de pedra irregular ou estrutura de madeira, como representado na Figura 12.

Ao longo dos tempos a madeira, mais económica, assumiu-se como um componente essencial na construção e na evolução das paredes, continuamente utilizada nas construções modestas, como reforço periférico na zona das ombreiras, padieiras ou peitoris, foi usada massivamente em intervenções posteriores à sua construção quando se realizavam ampliações em altura. O período entre a segunda metade do Séc. XVIII e o início do Séc. XX foi marcado pela utilização de elementos construtivos em madeira, em tabiques e frontais (Figura 12).

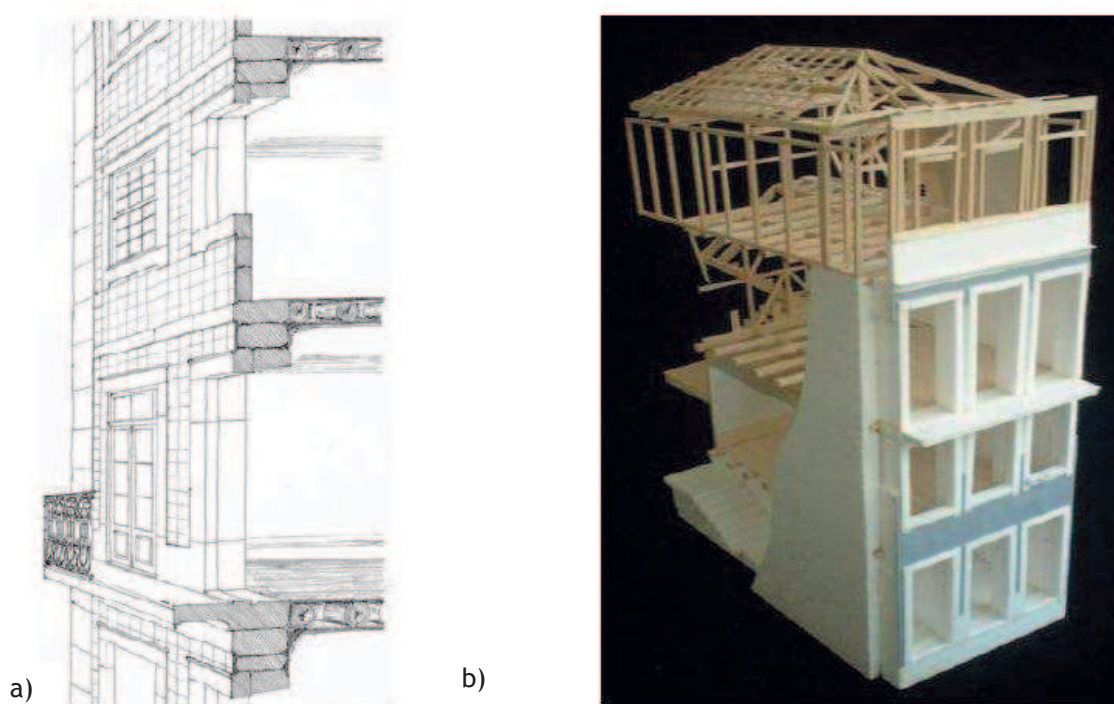


Figura 12 – a) Fachada em pedra; b) Aplicação de paredes em madeira [Teixeira 2004].

Os frontais são constituídos por uma armação de madeira embebida na alvenaria da parede, os espaços entre prumos e ripas são preenchidos pedra miúda irregular e argamassa de cal e areia e, em alguns casos, fragmentos de tijolos e cacos cerâmicos.

Estas paredes têm espessuras entre os 0,15m e os 0,22m e a madeira geralmente utilizada na sua fabricação é o pinho, e a segurança das suas ligações, às vezes samblagens, é obtida com pregos [Costa, 1955].

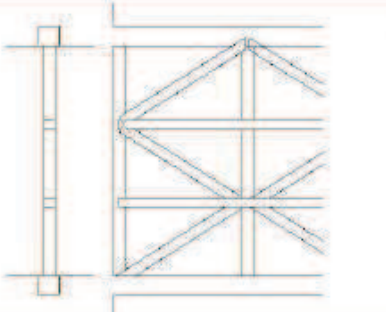
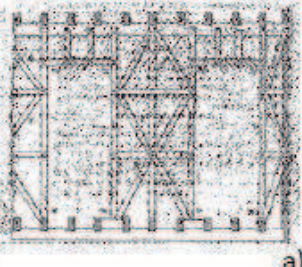
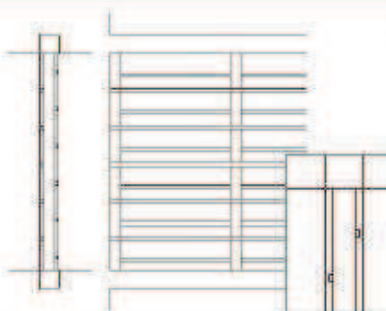
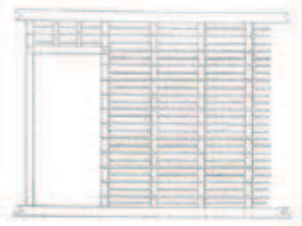
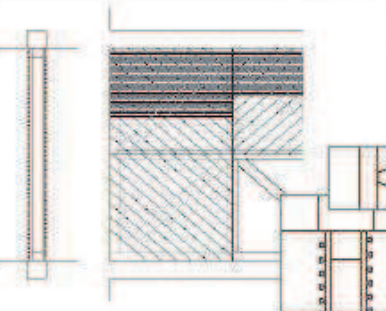
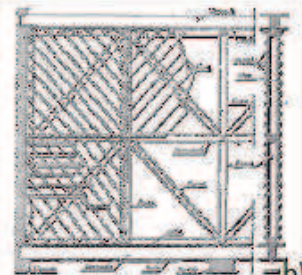
Existiam três tipologias principais de frontais utilizados nas construções tradicionais (Figura 13), o frontal à francesa, o frontal à galega e o frontal tecido, este último constitui a disposição mais vulgar destes sistemas construtivos e é o utilizado na construção da gaiola ou esqueleto, a armação de madeira dos edifícios pombalinos:

- **Frontais à francesa** são constituídos por uma estrutura de vigas horizontais de madeira, frechais e vergas, pregadas ao solho do pavimento e do teto, sobre a qual se assentam, na posição vertical, os prumos (0,10m x 0,10m) espaçados de um metro. A meio da altura do frontal, assenta-se um travessanho que liga todos os prumos. Em diagonal assentam-se escoras entre os travessanhos e os prumos, que asseguram o travamento do tosco. As samblagens são feitas por meia-madeira. Posteriormente, esta estrutura recebe um forro de tábuas sobre o qual são pregadas as fasquias (0,026m x 0,020m). Estas fasquias possuem a forma trapezoidal e assentam com um espaçamento de cerca de 0,04m, com a base mais estreita para dentro da parede, para poder reter nesses intervalos a argamassa aplicada que irá revestir toda a estrutura em madeira. A espessura final é de cerca de 0,15 metros [costa, 1955; Leitão, 1896];

- **Frontais à galega** são constituídos por prumos que ligam às vigas do pavimento e do teto, com recurso a uma orelha pregada como ligação. Posteriormente são pregadas as ripas (0,036m x 0,024m), dispostas alternadamente entre as duas faces e distanciadas de cerca de 0,40 m. Por fim, os espaços entre prumos e entre as ripas são preenchidos com alvenaria de argamassa de cal e areia, fragmentos de tijolo, pedra miúda, entre outros. A espessura deste frontal é de cerca de 0,15 metros em tosco [costa, 1955];

- **Frontais tecidos**, iniciam-se dividindo o comprimento do frontal para constituir nembos, com largura de aproximadamente 1 metro, delineados por prumos fixados às vigas do pavimento e do teto. Em seguida, a altura do frontal é dividida em partes iguais e assentes travessanhos de prumo a prumo. Nos nós formados entre os prumos e os travessanhos assentam escoras em diagonal, para garantir o travamento. Nos locais onde existam aberturas são assentes dois prumos que servem de ombreiras, ligados aos outros prumos por travessanhos, e na parte superior assente uma verga. Esta liga-se à viga do teto por meio de pendurais. Concluído o tosco, faz-se o enchimento até à face de um lado e outro com alvenaria, como já foi referido. A espessura deste frontal é de cerca de 0,10 metros em tosco [costa, 1955].

Os tabiques são normalmente em madeira de pinho, e de espessura inferior às dos frontais, por volta dos 10 cm, o seu enchimento é eventualmente feito com argamassa de cal, terra, argila, palha, ou fibras vegetais, sendo o seu revestimento executado em cal e gesso.

PF1		<p>Frontal tecido</p> <p>Colocação de prumos (0,10X0,10)m com espaçamento de 1m. Fixação de travessanhos horizontais. Utilização de escoras para travamento. Preenchimento com alvenaria de pedra miúda e bocados de tijolo, com argamassa de cal e areia.</p>	 <p>a)</p>
PF2		<p>Frontal à galega</p> <p>Colocação de prumos (0,10X0,10)m. Fixação das ripas (0,036X0,024)m com espaçamento de 0,40m. Preenchimento com fragmento de pedra e tijolo com argamassa de cal e areia.</p>	 <p>a)</p>
PF3		<p>Frontal à francesa</p> <p>Fixação de serrafões e de prumos com (0,10X0,10)m. Colocação de tábuas com e=0,02m. Fixação de fasquias (0,015X0,02)m com espaçamento de 0,04m. Enchimento com argamassa de cal e areia.</p>	 <p>b)</p>

Fonte: a) [Leitão, 1896]; b) [Costa, 1955]

Figura 13 – Frontais: tecido, à galega e à francesa. Adaptado por Ramos [2009] de [Leitão,1896; Costa,1955].

A variabilidade dos tipos de tabiques é vasta, sendo o tabique fasquiado o mais utilizado, este é constituído estruturalmente por elementos tais como prumos e travessas de pequena esquadria sobre os quais se pregavam as costaneiras e posteriormente as fasquias horizontais, que fazem o travamento final da parede. Apresentam-se de seguida algumas variedades de tabiques utilizadas [Costa, 1955]:

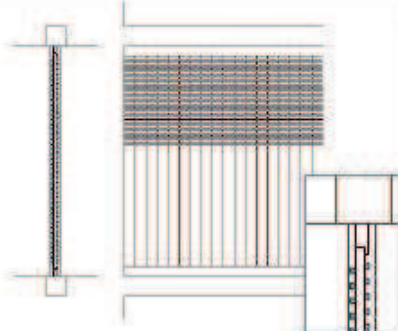
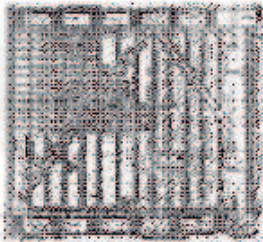
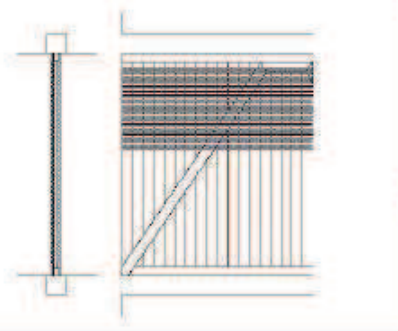
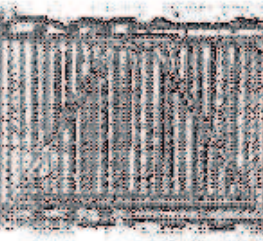
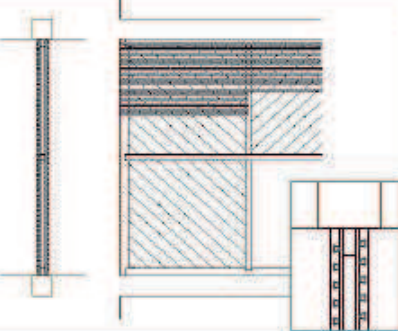
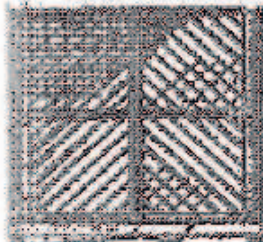
- **Tabiques simples** são constituídos por fiadas de tábuas costaneiras ao alto, pregadas em calhas de madeira ($e = 0,04\text{m}$) fixas em baixo, ao soalho, e em cima, às vigas do teto. Posteriormente é pregado a essas tábuas o fasquio horizontal, com a forma trapezoidal, como descrito para os frontais, disposto paralelamente com pequenos intervalos, na ordem dos $0,03\text{m}$ a $0,05\text{m}$. Quando os tabiques tinham um comprimento considerável colocavam-se prumos e travessanhos para ligar as extremidades. Este tabique tinha uma espessura de cerca de $0,06\text{m}$ [Appleton, 2003; Costa, 1955; Leitão,1896];

- **Tabiques suspensos ou aliviados** são destinados a pavimentos com pouca capacidade de carga, dado que a mesma é suportada pelas paredes laterais. A sua

construção inicia-se com o assentamento do frechal superior pregado ao vigamento do andar de cima. Segue-se o assentamento e aperto de duas aspás, escoras que partem de uma viga de pavimento junto à parede lateral até o frechal superior a meio do comprimento total. Entre as aspás e os frechais e pregam-se as tábuas, com um pequeno espaçamento para que a argamassa penetre e exista ligação entre ambas as faces, aplicam-se fasquias em cada lado e a estrutura é revestida com argamassa;

- **Tabiques de duas faces**, também chamados de tabuado duplo, são constituídos por uma estrutura central de prumos e travessanhos à qual é pregado um pano de costaneiras diagonais em cada face. Os panos diagonais são aplicados no sentido contrário em cada face, podendo ser distribuídos a começar no centro, ou a partir de um dos cantos. Posteriormente são fixadas as fasquias e rebocam-se ambos os paramentos. Este tabique tem uma espessura aproximada de 0,09m em toSCO.

A Figura 14 esquematiza e resume as características dos tabiques mencionados.

PT1		<p>Tabique simples</p> <p>Colocação de calhas e=0,04m. Fixação de tábuas com e=0,02m pregadas ao rebaixo da calha (0,025m). Fixação de fasquias e reboco com argamassa de cal e areia.</p>	 <p>a)</p>
PT2		<p>Tabique aliviado</p> <p>Colocação de frechal superior e fixação de aspás do frechal à viga do pavimento. Entre as aspás e frechal são colocadas tábuas. Fixam-se as fasquias e reboca-se com argamassa de cal e areia.</p>	 <p>a)</p>
PT3		<p>Tabique duas faces</p> <p>Colocação de prumos e travessanhos e fixação de tábuas nas duas faces. Posteriormente são fixadas as fasquias e rebocado com argamassa de cal e areia.</p>	 <p>a)</p>

Fonte: a) [Leitão, 1896]

Figura 14 – Tabique: simples, aliviado e de duas faces. Adaptado por Ramos [2009] de [Leitão, 1896].

O surgimento de novas exigências funcionais nas habitações, como instalações sanitárias e a contínua necessidade de reduzir os custos associados à construção e aos materiais aplicados, despertou o interesse para as alvenarias de tijolo, pela facilidade de assentamento e de abertura de roços para instalações posteriores.

Os tijolos eram facilmente obtidos através da cozedura a temperaturas elevadas de uma composição de argila, areia e água, e podiam ser de vários tipos e formatos.

A alvenaria de tijolo apresentava vantagens em relação à madeira para a sua aplicação nas paredes divisórias, como a sua incombustibilidade e um melhor comportamento a nível da higratérmica e acústica.

Contudo a sua aplicação em edifícios antigos levanta questões de compatibilidade pertinentes, nomeadamente, segundo Costa [1955], *“dizemos quase, porque nem sempre, mormente nas reedificações, se podem aplicar as paredes de tijolo. As divisórias com tosco de madeira são muito mais leves, não se sobrecarregando por conseguinte os pavimentos, que poderão não ter a resistência necessária para suportarem divisórias de tijolo, mesmo assente a cutelo. Também algumas vezes é quase que impossível poder ligar-se a frontais de tosco, panos de tijolo modernos. Assim, neste propósito, é conveniente estudarmos estes motivos de tosco.”*

Para a construção de paredes de alvenaria de tijolo, o mais usual era utilizar-se o de dimensões 0,23m x 0,11m x 0,07m, maciço ou furado, assente com uma camada de argamassa, com juntas que não ultrapassavam habitualmente 0,01m de espessura. O tipo de alvenaria depende do número de tijolos que a mesma possui na sua espessura (Figura 15). As paredes que possuem um tijolo de espessura, designam-se pano de tijolo ao alto ou cutelo, pano de tijolo a meia vez ou pano de tijolo a uma vez, que correspondem, respetivamente, a espessuras de 0,07m, 0,11m e 0,23m, utilizados na execução de paredes divisórias. Aquelas que, possuem mais de um tijolo na sua espessura têm designações consoante a disposição dos tijolos, podendo variar de paredes de tijolo a uma vez, de tijolo a vez e meia, de tijolo a duas vezes etc... [Pinho, 2000].

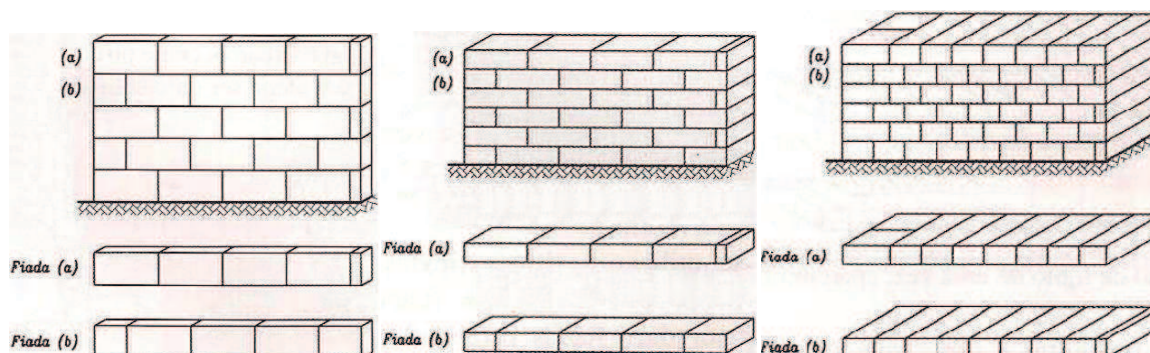


Figura 15 – Assentamento do tijolo, da esquerda para a direita: ao alto, a meia vez e a uma vez em aparelho sistema perpianhos [Segurado, 1908].

Em relação ao sistema de assentamento, existia uma variabilidade de aparelhos e variantes (Figura 16). A disposição mais simples consistia na colocação dos tijolos como perpianhos de pedra, iniciando-se a construção pelas fiadas ímpares, ou pelas fiadas pares, com tijolos cortados e colocados a par, apenas com três quartos do comprimento [Pinho, 2000].

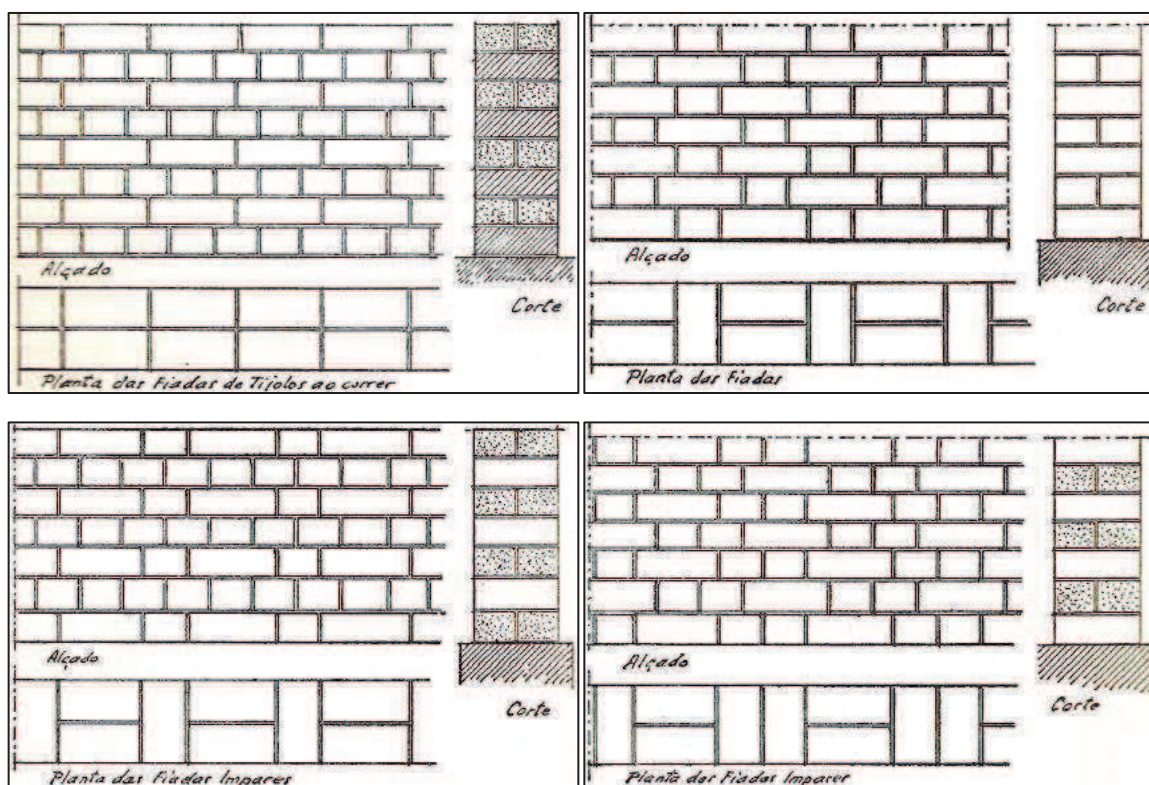


Figura 16 – Esquemas de aparelhos, da esquerda para a direita e de cima para baixo: sistema inglês, sistema flamenco, sistema holandês e sistema francês [Costa, 1939].

2.1.1.1. Elementos e revestimentos das paredes

Os revestimentos exteriores constituem a “pele” do edifício, sendo a primeira barreira às tensões causadas pelas variações de temperatura e humidade e, como tal, têm um papel fundamental no seu desempenho, ao protegerem as paredes. A nível estético, refletem épocas ou estilos, através da cor, textura e forma.

Os materiais mais aplicados nos revestimentos de paredes de edifícios antigos estão intimamente relacionados com os materiais constituintes destas, dentro do espírito empírico da compatibilidade dos materiais empregues [Appleton, 1991].

Nas paredes de alvenaria, os revestimentos mais utilizados são rebocos de argamassa de cal e areia ou areia e saibro, e o acabamento feito por caiação ou tinta de cal.

A cal é a base da generalidade das argamassas de assentamento e de acabamento, que consistem numa mistura resultante da amassadura de cal com agregados e água, e eventuais introduções de aditivos e adjuvantes, que após endurecer, produz cristais de calcite que conferem um brilho e textura muito próprios às paredes. É

recomendada para rebocos exteriores pela sua permeabilidade ao vapor de água, que permite a extração de água do interior das paredes, evitando patologias relacionadas com a humidade, contribui para a consolidação do revestimento a cada aplicação, devido à sua carbonatação, não necessitando portanto da remoção da camada existente. As suas desvantagens passam pela necessidade de boas condições climatéricas para a sua execução, mão-de-obra experiente e de reaplicações frequentes.

Os rebocos eram constituídos por camadas sucessivas, por norma, em número de três, o emboço, o crespido e o reboco propriamente dito, com composições variáveis e com o teor de ligante diminuindo da primeira para a última, de modo a reduzir os efeitos da retração dos materiais. Podia-se assim ter, em alguns casos, espessuras superiores a 0,05m, associadas à preocupação de proteger as paredes e ao mesmo tempo resolver os problemas de irregularidade dos paramentos [Pinho, 2000].

Pode observar-se também como revestimento decorativos das fachadas, não de forma tão usual devido ao custo mais elevado, a existência de um forro de cantaria ou envasamento, normalmente entre 0,06m a 0,10m de espessura (Figura 17). O seu assentamento era efetuado com argamassa ou com gatos e pernes, ou quando a espessura ultrapassava os 0,10 metros fazia-se a sua integração com a alvenaria. Era norma fazer-lhes um contorno a cinzel, o golpe de aresta, dando um formato almofadado ou apainelado ao aparelho que era trabalhado para obter a melhor decoração possível. As cantarias mais utilizadas eram as de lioz e granito, sendo empregues sobretudo as pedras típicas de cada região [Pinho, 2000; Costa, 1955].

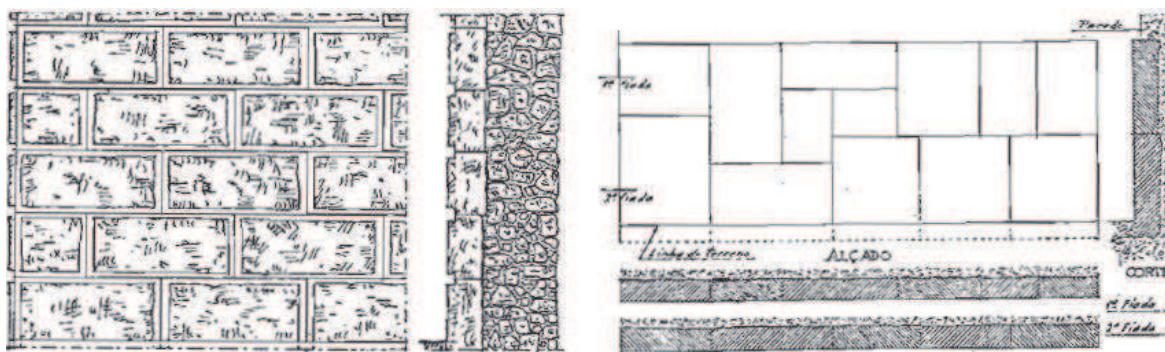


Figura 17 – Forro de cantaria; Envasamento de aparelho rústico e Soco de forro [Costa 1955].

Por vezes o uso da cantaria era empregue também em cornijas, platibandas e pilastras, estas últimas correspondem a elementos verticais que delimitam a ocupação do edifício e emolduram a fachada, muitas vezes, em edifícios modestos, também simulada em reboco, denominada de fingida, caiada ou pintada com uma cor semelhante da pedra. Uma pilastra comum a dois edifícios contíguos revela a importância estrutural que a parede meeira assume na estrutura do edificado.

As cornijas e as platibandas, construídas em pedra, em argamassa ou de estrutura de madeira, conforme a importância do edifício, e geralmente pintados, funcionam como remate superior das paredes dos edifícios, marcando as mudanças de planos e

de materiais, denunciando, por vezes, os acrescentos posteriores à construção.

O azulejo, como material de revestimento começou a ser muito empregue no século XIX, sobretudo após a industrialização da sua produção. A aplicação deste trazia vantagens de durabilidade e melhoria estética, quando comparado com a cal, sendo mais adequado para resistir à ação dos agentes atmosféricos. Pelas mesmas razões, com o objetivo de melhorar o comportamento das paredes às intempéries, também outros elementos têm vindo a revestir o exterior destas, como telhas, soletos de ardósia, chapas onduladas [Pinho, 2000].

No interior dos edifícios usavam-se rebocos com textura mais fina, através de areias de granulometria selecionada, ou revestimentos próprios para interior como os estuques de argamassas de cal e gesso, ou simplesmente só gesso. Nas paredes de tabiques, era comum fazer-se um forro de madeira pintado.

2.1.2. Pavimentos, tetos e escadas

Nos pavimentos, tetos e escadas, dos edifícios antigos o material utilizado, em regra, é a madeira que assume forma estrutural e de revestimento (soalhos, forros, degraus). Os pavimentos de madeira são maioritariamente pavimentos elevados.

Os pavimentos térreos são constituídos em terra batida ou enrocamento de pedra, com uma camada de revestimento por cima, em lajedo de pedra, em ladrilhos cerâmicos ou em sobrados de madeira. Nestes últimos, deveria deixar-se uma caixa-de-ar entre o terreno e o pavimento, de modo a promover o seu arejamento e afastar a madeira da humidade do solo [Appleton, 2003; Pinho 2000].

A estrutura de madeira, do pavimento e do teto, mais simples é composta por um vigamento paralelo encastrado na parede, com afastamentos que podem variar entre cerca de 0,20m a 0,60m (entre eixos). De modo a evitar a rotação das vigas era comum colocar, segundo um alinhamento transversal, peças de madeira pregadas, designadas por tarugos, bem ajustadas ao espaço entre as vigas (Figura 18).

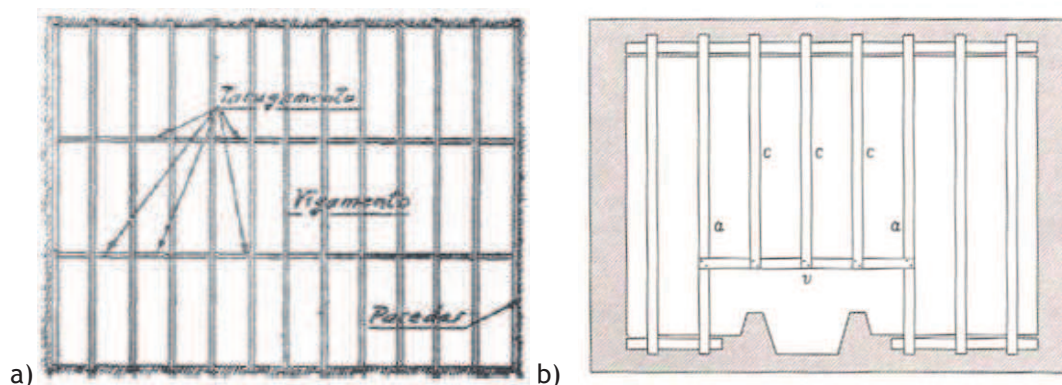


Figura 18 – Exemplos de estruturas de madeira: a) estrutura de teto de esteira simples [Costa, 1955]; b) estrutura de pavimento com interrupção para chaminé [Leitão, 1896].

As vigas de madeira ou barrotes têm secções variáveis que dependem do vão a vencer e das condições de carga, para um pavimento com vão corrente de 3-4m, com

afastamento entre 0,30m a 0,40m, as secções aproximam-se dos valores de 0,10m de largura por 0,20m de altura. Nas situações em que era necessário vencer vãos muito grandes, recorria-se a vigas mestras, de maior secção onde apoiava o vigeamento atrás referido [Costa, 1955; Vicente, 2008].

A natureza das madeiras é também muito importante na definição das secções e comprimento das peças, devido à limitação das espécies florestais à disposição estas também são limitadas, por outro lado, a escolha da madeira é feita mediante o tipo de função que a peça desempenhará, e para a qual se exige níveis de durabilidade e resistência específicas.

Vulgarmente usava-se a madeira de pinho, sensível à variação de condições termohigrométricas e com elevada suscetibilidade aos defeitos de empeno, a sua utilização para determinada função estrutural devia ser precedida de uma escolha criteriosa e boa preparação. O castanho e o carvalho também eram muito utilizados, contudo de acesso mais restrito, em comparação com o pinho, são uma madeira de excelente qualidade e muito durável, menos sensível à variabilidade das condições termohigrométricas e ao ataque xilófago e biológico.

Em edifícios antigos, as vigas ou barrotes apresentam a forma do tronco de madeira, conhecidos por paus rolados, ou são falquejados, de modo a facilitar as samblagens. Na proximidade das paredes, é vulgar os paus rolados apresentarem as extremidades esquadriadas, que permitiam um melhor encaixe e apoio.

As extremidades do vigeamento, que recebem o nome de entrega, podiam ser apoiadas de variadas formas como, em frechais embutidos na parede ou em cachorros de cantaria, ou diretamente encastradas na parede, neste último caso o comprimento embebido na parede deveria situar-se entre 0,20 e 0,25 metros [Costa, 1955]. No caso das vigas assentes em frechal estas deveriam ser, igualmente, encastradas até metade da sua largura, devendo nestes casos o frechal ser fixado à parede através de ferrolhos, que podiam atravessar a parede e serem ancorados na face exterior da parede ou encastrar na parede através da dobragem em ângulo reto do ferrolho. A Figura 19 esquematiza alguns tipos de ligações de vigas.

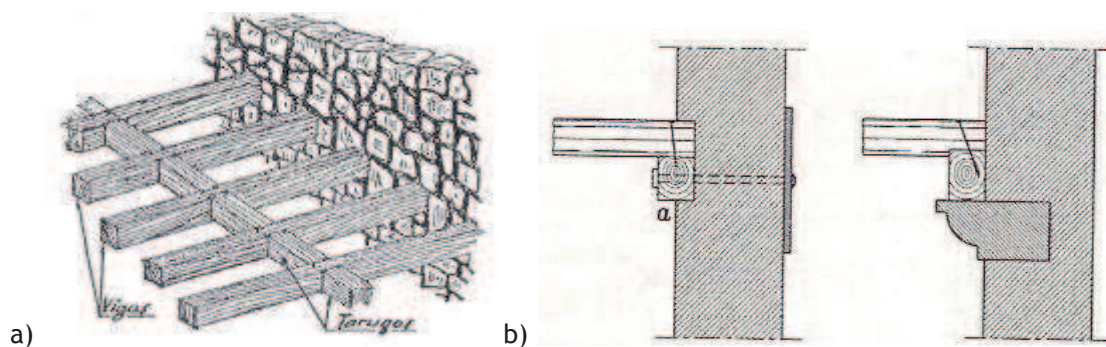


Figura 19 – Ligações de vigas: a) encastramento direto na parede [Costa, 1955]; b) apoio em frechal fixado com ferrolho e apoio em frechal assente sobre cachorro de cantaria [Leitão, 1896].

Em edificações mais nobres, a solução estrutural dos pavimentos inferiores consistia muitas vezes, na construção de arcos e abóbadas de alvenaria, que

constituíam soluções mais duráveis e capazes de vencer vãos de maior dimensão. Sobre os arcos e abóbadas de alvenaria eram colocados os revestimentos através da construção dum vigamento de madeira, apoiado nos elementos de alvenaria, que servia de apoio ao soalho, ou ainda através do enchimento do arco com entulho selecionado, pedra solta ou terra, sobre o qual se colocava uma camada de argamassa onde o revestimento assentava [Appleton, 2003].

2.1.2.1. Elementos e revestimentos dos pavimentos e tetos

O revestimento do pavimento corrente é o soalho, realizado com tábuas de solho bem aplainadas, pregadas diretamente à estrutura principal. As espécies de madeira mais utilizadas eram o pinho, a casquinha e o espruce [Costa, 1955].

O soalho, também designado de solho, apresenta-se em várias configurações e tipos (Figura 20), consoante a sua largura e a forma de ligação entre os seus elementos, nomeadamente temos [Costa, 1955; Ramos 2009]:

- **Solho de junta:** as tábuas são justapostas lado a lado formando juntas verticais, é o tipo mais simples e sendo destinado a construções económicas;
- **Solho de chanfro:** a diferença para o anterior está no corte oblíquo das tábuas formando juntas inclinadas, tendo sido pouco utilizado;
- **Solho de meio-fio ou à portuguesa:** as tábuas possuem nas extremidades um corte até meio da sua espessura, ou meio-fio, e quando justapostas encaixavam umas nas outras, sendo o mais aplicado em edificações modestas. A largura das tábuas podia variar entre 0,14m a 0,22 metros;
- **Solho de macho e fêmea ou à inglesa:** as tábuas têm numa extremidade uma saliência e na outra uma reentrância, de modo que quando se procedia à samblagem os pregos não ficavam à vista contrariamente ao soalho à portuguesa, sendo por isso utilizado em pavimentos de melhor qualidade. Este soalho é constituído por tábuas com cerca de 0,10m de largura.

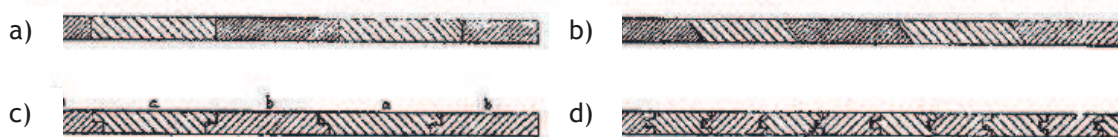


Figura 20 – Diferentes tipos de soalho: a) solho de junta; b) solho de chanfro; c) - solho à portuguesa; d) solho à inglesa [Segurado, 1942].

Existem ainda, outras variantes dos soalhos acima descritos, formando molduras e padrões. Na Figura 21 representam-se algumas dessas variantes: o soalho encabeirado, o soalho espinhado e o parquet. Este último consiste no assentamento de pequenas tiras de madeira macho-fêmea sobre um soalho ordinário (de junta ou chanfro), segundo um determinado padrão. Permitia variadas combinações de peças e de tipos de madeira, o que engrandecia o seu custo, ficando por isso restrito a edificações mais nobres [Segurado, 1942; Ramos 2009].

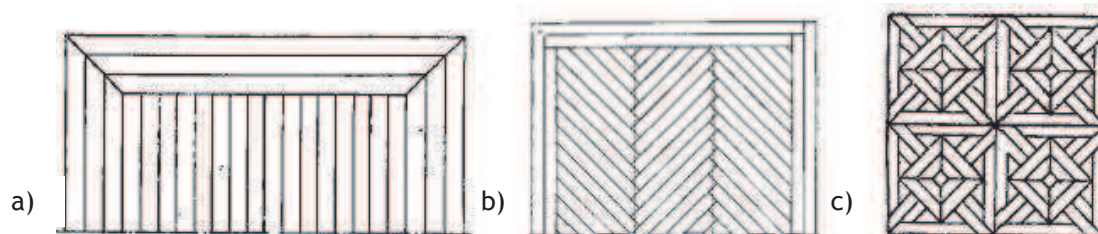


Figura 21 – Variantes do soalho: a) soalho encabeirado; b) soalho espinhado; c) parquet [Segurado, 1942].

A estrutura do teto podia permanecer à vista, como se verifica em tetos de pavimentos intermédios de edifícios muito antigos e modestos, por motivos económicos, e em edificações mais abastadas onde se utilizavam madeiras nobres para esse fim, ou ainda, ser-lhe aplicado um forro podendo este ser de dois tipos, consoante o material empregue, madeira ou estuque.

Os forros de madeira são normalmente em pinho, pintado ou não, e em analogia com os soalhos têm denominação consoante o tipo de ligação entre as tábuas, de forma que temos: forro de junta, forro chanfrado, forro de meio-fio, forro de macho e fêmea e forro sobreposto (Figura 22). A aplicação deste último exigia duas etapas, primeiro pregam-se na viga as tábuas de espera deixando entre elas um espaço onde eram encaixadas tábuas de cobrir perfiladas, junto à parede fazia-se o remate com uma aba [Costa, 1955].

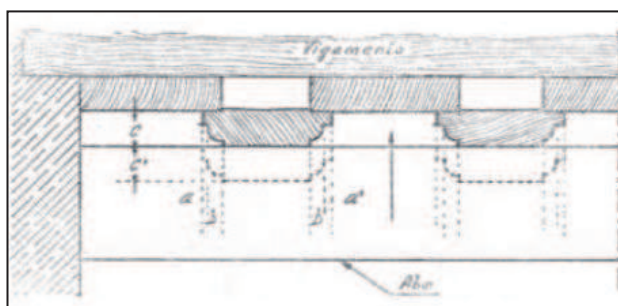


Figura 22 – Corte de pormenor da execução do forro sobreposto [Costa, 1955].

Os tetos de madeira podem ser simples ou variar em complexidade, em resultado da combinação de diversos fatores como a forma do teto e o tipo de molduras e forros aplicados.

Quanto à forma dos tetos, os mais simples como o nome indica, são os tetos de esteira simples que consistem na pregagem direta à estrutura horizontal da esteira de qualquer um dos forros acima indicados. A partir destes surgem outras variantes, esquematizadas nas Figuras 23 e 24, como os tetos encabeirados, de masseira, sanqueados e de caixotões [Costa, 1955].

Os tetos encabeirados derivam da esteira simples localizando-se os tarugos e as vigas à distância da parede que se quer para a largura da cabeça, onde são colocadas as tábuas de cabeça, e dispendo-se as tábuas de forro na esteira central. A junção destas tábuas é efetuada por uma moldura denominada por mata-juntas.

Os tetos de masseira são compostos por uma esteira central horizontal com panos inclinados para as paredes, concretizados por vigotas ligadas à estrutura e encastradas nas paredes.

Os tetos sanqueados utilizam sancas ou cambotas, para formar uma superfície curva no lugar da masseira.

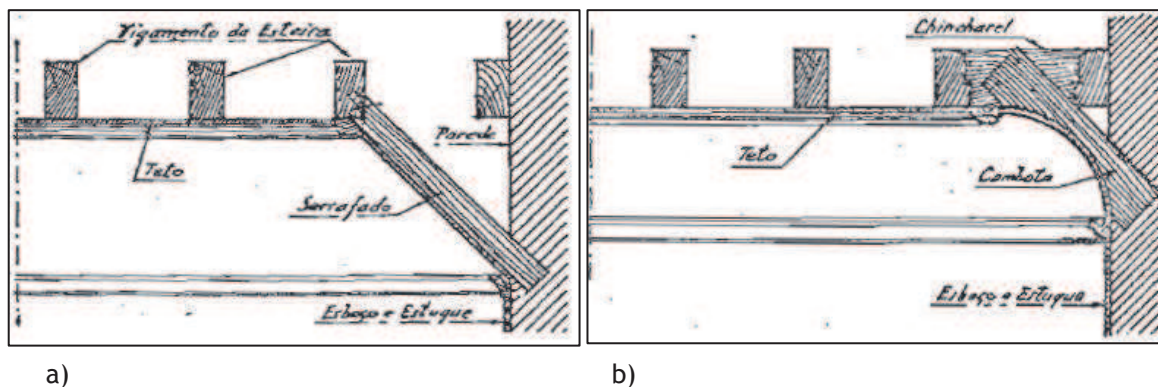


Figura 23 – Cortes de pormenor: a) teto de masseira; b) teto sanqueado [Costa, 1955].

Os tetos de caixotões ou de arcezões diferem dos de esteira simples pela adição de chincharéis que conjuntamente com as vigas da estrutura formam caixas onde se assentam posteriormente os caixotões. Estes tetos têm o vigamento à vista e recebem motivos decorativos em talha ou pintura, necessitando para a sua execução mão-de-obra qualificada e materiais de qualidade superior, o que encarecia a sua aplicação.

Os tetos estucados podiam ser executados a partir de todas as formas de tetos anteriormente referidos com a diferença do forro ser executado com estuque, que necessitava previamente a pregagem de fasquias de secção trapezoidal para a sua aplicação (Figura 24).

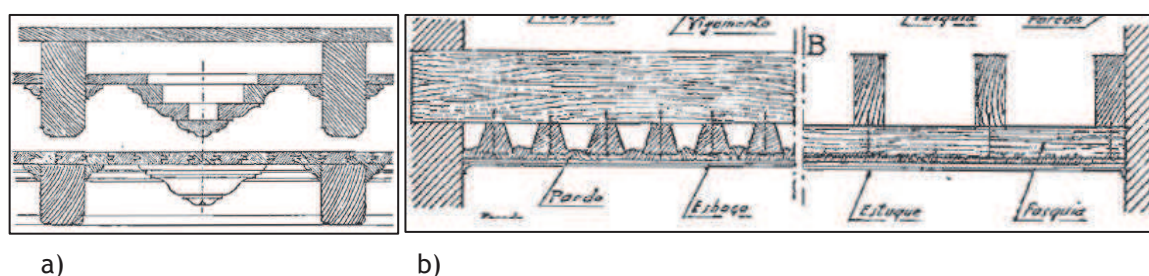


Figura 24 – Cortes de pormenor: a) teto de caixotões; b) teto estucado [Costa, 1955].

Os tipos mais utilizados são o de esteira, de masseira e de caixotões.

Nas escadas os elementos estruturais principais, que sustentam o tabuado dos degraus e eventualmente um forro inferior, são as pernas, estas consistem em vigas oblíquas assentes paralelamente umas às outras, com um mínimo de duas, o seu número depende da largura das escadas (Figura 25). As pernas, que podem ser paus

rolados ou falquejados, apoiam nas vigas dos patamares intermédios e nas vigas dos patamares do pavimento, as cadeias [Costa, 1955; Teixeira, 2004].

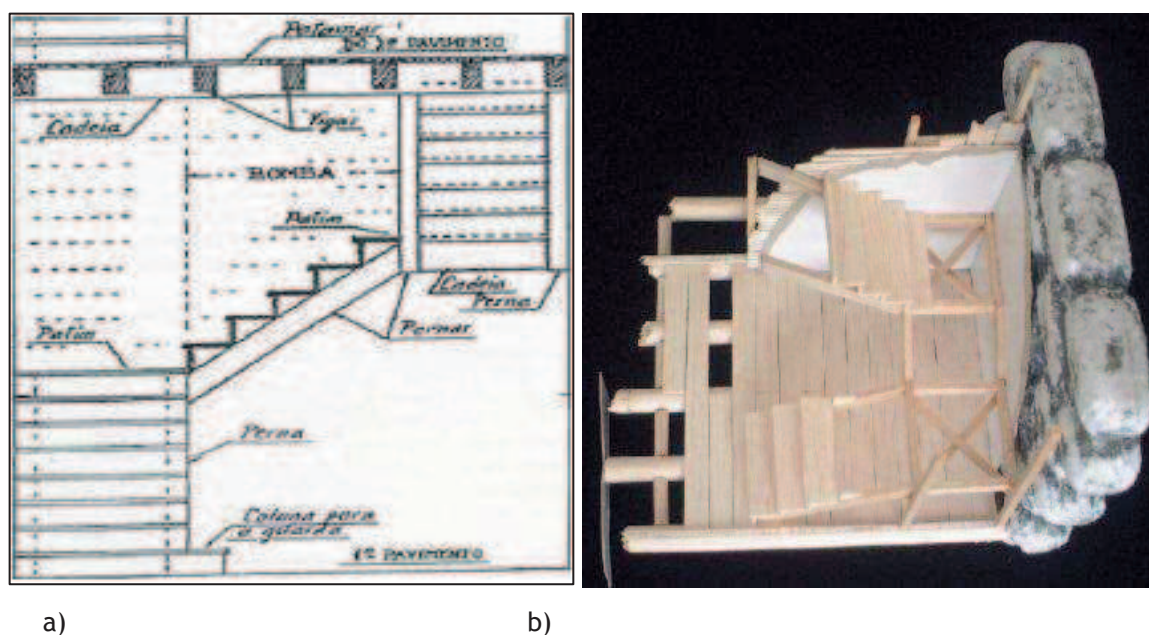


Figura 25 – Escadas: a) Corte transversal de uma escada [Costa, 1955]; b) Estrutura de uma escada [Teixeira, 2004].

2.1.3. Coberturas

No edificado antigo, distingue-se uma grande diversidade de soluções ao nível do telhado no que diz respeito à forma estrutural e geometria. Relativamente à forma, existe uma maior predominância dos telhados inclinados sendo que, em menor número existem as coberturas planas (em terraço) e as coberturas curvas (abóbadas e cúpulas). As primeiras, apresentavam vantagens em relação às demais, construía-se facilmente a partir de uma estrutura de madeira, geralmente de pinho, e com um escoamento das águas bastante eficaz, além disso, dada a insuficiente impermeabilização e ausência de isolamento das construções, os problemas relacionados com a humidade e as trocas térmicas são menos sentidos do que nas coberturas planas em contacto direto com o último piso do edifício.

Os telhados inclinados podem apresentar arranjos estruturais vulgares ou mais complexos devido ao cumprimento de requisitos construtivos e arquitetónicos que garantam o seu adequado desempenho, no que diz respeito, nomeadamente à inclinação, à reação ao fogo, à ventilação, etc. A inclinação, por exemplo, depende dos agentes atmosféricos condicionantes do local (precipitação, exposição ao vento, queda de neve, etc.), e do tipo de utilização do desvão da cobertura, que pode variar em sótãos, trapeiras, mansardas, entre outras. A inclinação normal dos telhados tradicionais era de 26° a 27° para as vertentes principais sendo ainda mais inclinada no Norte de Portugal do que no Sul [Appleton, 2003; Costa, 1955].

O número de vertentes está diretamente relacionado com a geometria, a dimensão em planta e a forma de inserção urbana, que ditam a sua dificuldade de execução, sendo o telhado de duas águas com a mesma inclinação o mais vulgar, e simples de executar. Nos edifícios, de pequena dimensão e planta retangular simples, a estrutura da cobertura pode reduzir-se a uma única água, aumentando o seu número à medida que os edifícios vão ganhando dimensão e complexidade.

Mais complexos os telhados especiais podem ser de mansarda, cónicos, piramidais e de empenas cortadas. O telhado de mansarda é constituído por duas águas mestras com 26º a 27º de inclinação e duas águas dobradas com inclinação variável, a sua forma estrutural permite um pé-direito superior e o posicionamento de vãos nas águas dobradas, para iluminação e ventilação, dão habitabilidade ao espaço sob a cobertura (Figura 26). Os telhados cónicos e os telhados piramidais são construídos com águas triangulares sendo que estes últimos apresentam um topo mais alto acabando muitas vezes em agulha. Os telhados de empenas cortadas são formados por duas águas mestras e por tacaniças reduzidas [Costa, 1955].

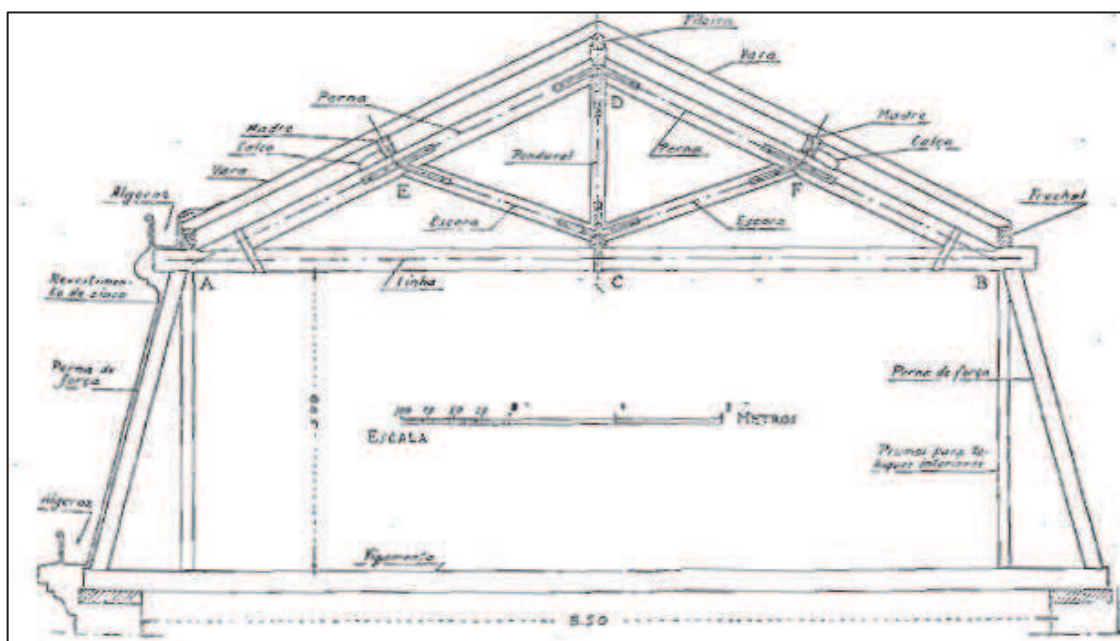


Figura 26 – Estrutura da Asna de mansarda vulgar para telhados de mansarda [Costa, 1955].

Os telhados inclinados são constituídos por uma estrutura em madeira e pelo revestimento, a telha. A estrutura da cobertura divide-se em principal e secundária. A primeira assenta diretamente nas paredes resistentes e é responsável pela absorção de esforços. A segunda, colocada entre a estrutura principal e o revestimento, tem a função de servir de apoio à colocação adequada da telha cerâmica. A construção da cobertura podia ser feita por dois sistemas: ordinário (ou madeiramento) e asnamento. Sendo este último utilizado nas grandes edificações [Costa, 1955].

As asnas são obtidas por samblagem de elementos de madeira de acordo com uma determinada triangulação a que se adequa da melhor forma à geometria, dimensão e

à finalidade do seu emprego tal resulta numa grande variedade estrutural como, asna simples, composta, meia-asna simples, de escora, lanternim, mansarda, de tesoura, de nível, etc. As asnas simples (Figura 27) são constituídas por uma linha, duas pernas e um pendural, e pode vencer vãos até 9m, a partir destas desenvolvem-se novas asnas com o objetivo de vencer maiores vãos, como a asna composta, que lhe acresce duas escoras. O valor usual para a inclinação das pernas das asnas era a inclinação das vertentes principais, sendo usual ser de 26º a 27º.

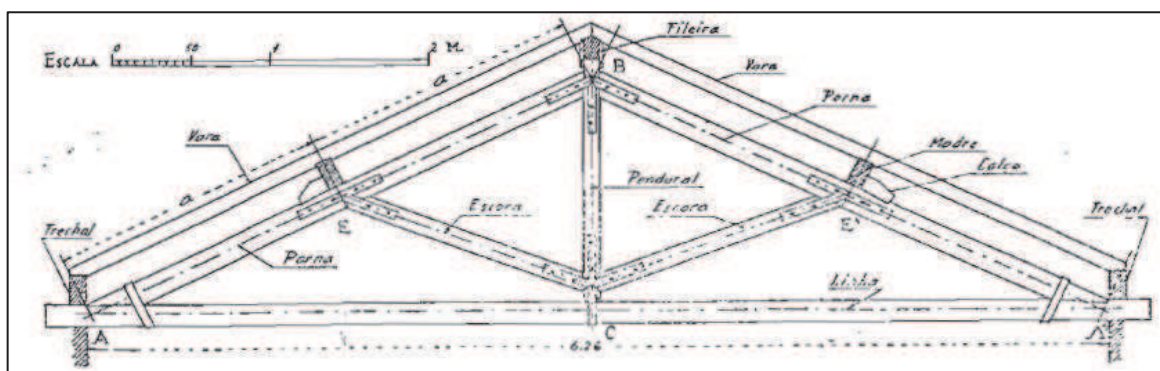


Figura 27 – Estrutura da asna simples [Costa, 1955].

No madeiramento a estrutura principal da cobertura é constituída por vigas (madres, o pau de fileira, frechais) que apoiam diretamente nas paredes.

Nos telhados de duas águas as madres, o pau de fileira e os frechais assentam nas paredes das empenas (Figura 28). As madres com afastamentos entre 3m a 3,5m e o pau de fileira apoiam em prumos escorados entre si. A estrutura é solidarizada com varas pregadas, que entalam no pau de fileira, nas mestras e no frechal, perpendicularmente a estes. No caso de aproveitamento do sótão os prumos são substituídos por um nível, apertado entre as madres, que sustenta o pau de fileira. As madres encontram-se escoradas para cachorros encastrados nas paredes-mestras.

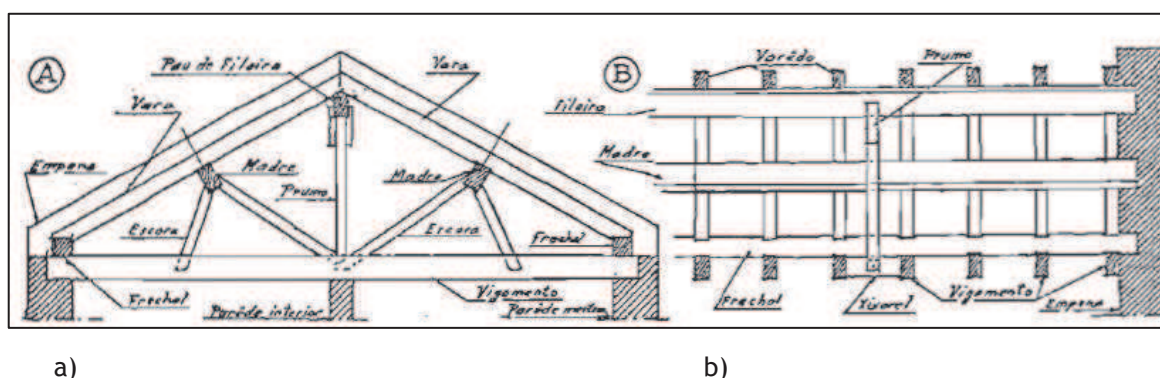


Figura 28 – Madeiramento de um telhado de duas águas: a) estrutura completa; b) alçado da vertente [Costa, 1955].

2.1.3.1. Elementos e revestimentos das coberturas

Os telhados são usualmente revestidos a telha, sendo a telha de meia-cana ou à portuguesa a de aplicação mais antiga, tendo vindo ao longo do tempo a ser substituída pelas telhas marselha, romana e lusa.

Como suporte das telhas pregam-se, às varas da estrutura principal, peças secundárias de madeira que definem vãos de cerca de 0,45m onde aquela assenta. Para assentamento da telha à portuguesa pregam-se tábuas, constituindo um guarda-pó, que permite o uso de argamassas, no qual se prega o ripado que suporta as telhas.

2.1.4. Vãos e caixilharias

Os vãos são elementos de extrema importância do edifício, identificam o carácter e valor arquitetónico característico de uma dada época, a partir das dimensões e formas, dos ritmos e distribuição nas fachadas, dos guarnecimentos, dos tipos de caixilharia, das ferragens, etc..., e representam uma pequena parte da envolvente que irá influenciar de modo significativo o comportamento térmico do edifício.

Na conceção e escolha do material das portas e janela dois aspetos importantes são a garantia da estanquidade dos espaços interiores e a absorção da força do vento. As caixilharias eram concebidas de acordo com as medidas do vão e suportavam os painéis de vidro, de modo que estes não atingissem grande dimensão o caixilho era constituído por esquadrias de couceiras e travessas e por pequenas quadriculas, os pinázios, preenchidas com o vidro. Nas caixilharias, os pinázios podiam ser constituídos por almofadas e nas travessas inferiores colocavam-se pingadeiras ou borrachas para evitar a entrada de água.

As janelas mais comuns são as de sacada de batente e de peito de guilhotina ou de batente, em vãos altos geralmente são de dois batentes e uma bandeira, sendo protegidas interiormente por portadas de madeira (Figura 29). Os caixilhos das janelas são de madeira, em casquinha ou pinho, e normalmente pintados para proteção da madeira. Em soluções mais dispendiosas eram utilizadas madeiras como o carvalho, o castanho e a macacaúba. Comportam aros em toda a volta onde assentam, com ou sem ferragens, isto é, as de guilhotina assentam num aro fixo de madeira, em forma de calha, de modo a permitir o movimento das folhas, e as de batente usam duas pequenas dobradiças, fixas lateralmente ao aro envolvente para permitir a fixação da folha móvel [Costa, 1955].

Os vãos das janelas, geralmente, são guarnecidos por ombreiras, verga, e peitoril em cantaria e por vezes em madeira pintada.

As portas exteriores são de batentes, geralmente de duas folhas, simples ou almofadadas, usualmente, em de pinho e em construções mais nobres, de castanho. Muitas vezes, envidraçada ou com uma bandeira envidraçada, protegidas por um gradeamento, que permite a iluminação do interior da casa por luz natural, bem como a sua ventilação.

O guarnecimento dos vãos das portas é normalmente constituído por ombreiras, soleira, soco e verga, em cantaria.

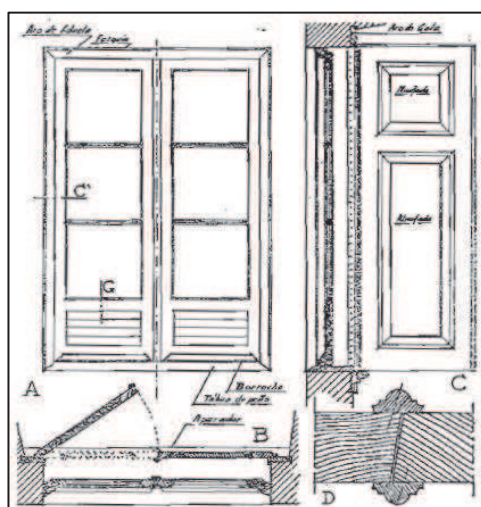


Figura 29 – Vão envidraçado com caixilho de 2 batentes, travessa inferior almofadada e portada interior (veda-luz) [Costa, 1955].

2.2. Características construtivas da Baixa de Coimbra

A caracterização construtiva da Baixa de Coimbra baseou-se no trabalho de tratamento rigoroso e detalhado, efetuado pelo Professor Doutor Romeu Vicente, da Universidade de Aveiro, aos dados recolhidos do levantamento de cerca de 800 edifícios existentes, realizado este pelas equipas da Universidade de Coimbra no Processo de Renovação da Baixa de Coimbra, um protocolo assinado entre a Universidade de Coimbra e a Câmara municipal de Coimbra [Vicente, 2008].

No levantamento estiveram envolvidas várias especialidades que estabeleceram procedimentos de recolha exaustiva de informação no terreno envolvendo fotografia, inquérito direto, medição, inspeção técnica pormenorizada e o desenho CAD da geometria dos edifícios.

De acordo com a investigação, o edificado antigo existente na Baixa de Coimbra é bastante homogéneo em termos de tipologia e sistema construtivo, com carácter representativo de um período da história. Sendo a solução estrutural mais observada, composta por alvenaria resistente, com pavimentos e estrutura da cobertura em madeira. Com elementos verticais constituídos por paredes exteriores em pedra, frontais nas paredes meeiras, frontais e tabiques fasquiados nas divisórias interiores e escadas em madeira. O revestimento da cobertura é de telha cerâmica. [Vicente, 2008]

Os dados do levantamento demonstram também, um número significativo de edifícios recuperados através da adoção de sistemas e técnicas de construção correntes, que podem ser considerados incompatíveis com o existente, estes edifícios possuem uma estrutura resistente em alvenaria com pavimentos em betão armado ou reticulada de betão armado. Nestas reconstruções há casos nas quais, do edifício

existente, somente se preservaram as paredes exteriores ou a fachada principal, por vezes, sem que a necessidade de consolidação e conservação fosse devidamente aferida. Como o edificado está disposto em banda, segundo Vicente [2008], são as paredes meeiras, com os edifícios adjacentes antigos, que suportam os pavimentos e as coberturas desta construção nova contígua, fragilizando a capacidade coesiva e resistente da estrutura existente. Citando o autor, *“a grande maioria dos edifícios da Baixa de Coimbra foi construída no período compreendido entre a segunda metade do Séc. XVIII (após o sismo de Lisboa de 1 de Novembro de 1755) até à primeira metade do Séc. XX, sem critérios nem preocupações sismo-resistentes. Mesmo os primeiros edifícios, construídos logo após o sismo de 1755, inspiraram-se na solução da gaiola pombalina, onde podem ser observados elementos de madeira com disposição em cruz de Santo André, embora o cuidado do sistema construtivo global e das suas ligações fosse pobre.”*

Contudo, e de forma evolutiva, os edifícios antigos foram sofrendo alterações, em épocas posteriores à sua construção, sujeitos a alguma ação de ampliação, remodelação ou reconstrução, que alteraram em maior ou menor grau o sistema estrutural do edifício. São exemplos, o acréscimo de um ou dois pisos de estrutura aligeirada de madeira embebida em alvenaria, prática corrente no Séc. XIX com o crescimento das cidades, ou ainda, a supressão de paredes ao nível do rés-do-chão, motivada pela alteração de funcionalidade dos espaços como a instalação de lojas. Segundo Vicente, [2008] no primeiro caso *“o sobredimensionamento das espessuras de alvenaria dos pisos inferiores assim como a disposição maioritariamente em banda do edificado facilitavam a concretização, apoiando os novos pavimentos nas paredes meeiras”*. Porém para o autor as ineficientes formas de ligação da estrutura aligeirada, vulgarmente constituída por frontais e tabiques, à estrutura existente tornam estes pisos mecanicamente mais frágeis. No segundo caso interrompem-se alinhamentos verticais resistentes que mesmo reforçados alteram significativamente o comportamento do edifício.

Os dados demonstram que somente alguns dos edifícios tem a compartimentação do piso térreo semelhante com a dos pisos elevados, e em mais de metade dos edifícios o rés-do-chão é um espaço amplo. Esta disposição dos espaços interiores associa a habitação com o comércio ao nível térreo, o qual seria desprovido à partida de paredes ou em muitos casos, resultado da alteração do uso com efeitos nefastos como já referido.

Verifica-se que mais de metade dos edifícios tem entre quatro e cinco pisos acima do solo, sendo o número de pisos abaixo do solo muito reduzido. São os edifícios com mais de 5 pisos que representam a grande maioria dos pisos enterrados, por razões de qualidade superior da construção e materiais, apresentando por vezes um segundo piso enterrado.

Das operações de reabilitação, efetuadas por proprietários, algumas das intervenções observadas à data do levantamento foram ao nível da estrutura resistente do edifício, e foram nomeadamente de remodelação e reforço através de

pilares ou perfis metálicos, substituição de pavimentos aligeirados em betão armado, etc. As intervenções mais significativas têm sido não-estruturais e ao nível de interiores (pinturas, substituição de revestimentos, pavimentos, tetos), em coberturas (para resolver problemas de infiltração, degradação e de isolamento térmico) e ao nível das instalações e infraestruturas técnicas. Menos expressivas têm sido as intervenções de reconstrução, reabilitação de paredes de fachada, de consolidação de alvenarias ou de conservação das caixilharias.

Nem todas estas intervenções refletem uma ação negativa, quando adequadas e compatíveis com as soluções existentes, por razões de coerência construtiva, promovem o prolongamento da vida útil destas construções. Contudo, o recurso a soluções modernas totalmente desenquadradas com o edifício e a envolvente urbana onde se insere, alegando maior durabilidade e menor manutenção, para as quais por vezes não existem garantias do seu comportamento futuro, não pode ser encarada como uma ação de reabilitação interessante se comparadas, segundo Azevedo [2011], com as técnicas antigas com durabilidade comprovada por séculos de existência e que preservam a identidade e as características originais do edifício.

De seguida, apresentam-se os resultados do diagnóstico efetuado à caracterização construtiva dos elementos construtivos dos edifícios da Baixa, de acordo com Vicente [2008]. Na sua generalidade, verificam-se as características já descritas no capítulo anterior.

2.2.1. Paredes exteriores e interiores

As paredes exteriores na sua generalidade são em alvenarias de pedra irregular argamassada, geralmente em aparelho rústico, constituídas por pedras calcárias muito irregulares, com as dimensões e os formatos com que vêm da pedreira, apresentam um assentamento aleatório, com juntas desalinhadas e irregulares, mas com algum cuidado na seleção e assentamento (Figura 30). A ligação entre as faces da parede faz-se com recurso a pedras de maior dimensão quase com a espessura da parede. As argamassas vulgarmente utilizadas na constituição das alvenarias eram de cal e areia, no entanto, foram também observadas argamassas com argila e barro incorporados.

A heterogeneidade das alvenarias empregues é muito grande, há casos como a utilização de tijolos maciços no preenchimento e regularização do assentamento, e em alvenarias de dois panos apresenta-se um núcleo de enchimento com uma mistura de fragmentos de pedra e argamassa de cal ou barro pouco consistente [Vicente, 2008].

A pedra vulgarmente utilizada na construção das paredes era a pedra calcária dolomítica, extraída de pedreiras existentes na região, caracteristicamente marcada pela forte heterogeneidade da sua constituição, vulnerabilidade face às ações climáticas e em particular à ação da humidade, difícil trabalhabilidade e do ponto de vista estrutural mecanicamente mais fraca que outras pedras.



Figura 30 – Alvenarias de pedra irregular na Baixa de Coimbra [Vicente, 2008].

Registou-se igualmente a existência de outras tipologias, como as alvenarias de tijolo vazado, em alguns dos edifícios, e casos muito pontuais de alvenarias de tijolo maciço, de alvenarias de taipa de canas de alvenaria de barro, e de betão armado, assim como alguns casos de heterogeneidade na constituição da parede, onde se inclui a utilização de tijolos maciços no preenchimento e regularização do assentamento das paredes de alvenaria. A alvenaria de tijolo cerâmico é assente, em geral a meia-vez, mas também se verificaram alguns casos, raros, com assentamento na diagonal.

As paredes de fachada têm espessura variável ao longo da sua constituição, em geral, verifica-se a sua redução em altura. Ao nível do rés-do-chão do edifício a espessura média é de cerca de 0,67m [Vicente, 2008].

As paredes meeiras são constituídas por frontais (também denominadas de gaiolas ou de taipa de rodízio), com prumos verticais, associadas a travessas horizontais e algumas diagonais, preenchidas por alvenarias de pedra bastante irregular, menos espessas e de pior qualidade.

Na Figura 31 apresentam-se alguns exemplos de paredes meeiras com estrutura de madeira observadas durante o levantamento.



Figura 31 – Alvenarias com estrutura de madeira [Vicente, 2008].

Na constituição das paredes interiores verificou-se a prevalência do tabique de madeira fasquiado e em seguida da alvenaria de tijolo. Com menor relevância

encontram-se paredes de pedra, de gesso cartonado e de madeira. São poucos os casos em que não existem paredes interiores.

A madeira de pinho é o material utilizado nos prumos e travessas dos frontais, estruturas em gaiolas, tabiques fasquiados. Também se observou o uso da casquinha em tabiques [Vicente, 2008].

Nos cunhais, o travamento das paredes ortogonais era feito, em regra, por meio de interpenetração vertical das pedras e, em outros casos, com pedras de maior dimensão e melhor qualidade (alvenaria perpianho), observou-se também, em raros casos, o uso de madeira embebida em alvenarias de menor espessura (Figura 32).



Figura 32 – Cunhais e ligação entre paredes ortogonais [Ramos, 2009; Vicente, 2008].

O travamento de paredes opostas era geralmente executado com tirantes em ferro forjado situados ao nível dos pisos e da cobertura, utilizados também como medida de reforço pós-construção.

2.2.1.1. Revestimentos da fachada

Os revestimentos das fachadas são muito diversificados, e maioritariamente, no mesmo edifício coexiste mais de um tipo, verificando-se, que poucos são os edifícios que mantêm os revestimentos originais e característicos como a pintura de cal e o reboco de argamassa de cal.

A utilização de pinturas à base de tintas plásticas/acrílicas, rebocos com base cimentícia e outros materiais incompatíveis como a estrutura de suporte e suscetíveis de comprometer o seu desempenho foram observados em números preocupantes.

2.2.2. Pavimento e tetos

A estrutura de suporte destes elementos é maioritariamente executada em madeira, em raros casos, observou-se a existência de arcos e abóbadas de pedra e elementos cerâmicos no primeiro piso elevado, e ainda existência de uma estrutura de pavimento, característica do final do Séc. XIX, constituída por vigas de ferro espaçadas com cerca de 50 a 60cm e preenchidas entre si por abóbadas em tijolo.

A estrutura do pavimento de madeira (Figura 33) é tipicamente composta por um vigamento encastrado em aberturas dispostas nas paredes com as dimensões dos

barrotes com afastamentos dos barrotes na ordem 0,30m a 0,60m, onde assenta soalho pregado transversalmente a este [Vicente, 2008].



Figura 33 – Pavimento de madeira e ligação às paredes [Vicente, 2008].

As madeiras utilizadas na estrutura do pavimento são o pinho, o castanho e o carvalho, tendo sido também observado o uso do choupo, pela abundância local, e da casquinha, em vigotas.

Observou-se com frequência, para um vão corrente entre os 3 a 4m, um esquema estrutural com afastamentos de 0,30m a 0,40m e com secções dos barrotes de 0,10m x0,18m. Para vãos na ordem dos 6m, as secções passavam para 0,12mx0,20m. E entre 6m a 15m de vão, as dimensões das vigas tinham valores na ordem de 0,25m a 0,33m de largura e 0,25m a 0,40m de altura. Foi também registada uma variabilidade de secções transversais de peças não esquadriadas, ou seja de troncos rolados sem casca, para toda a ordem de grandeza dos vãos. Em vãos grandes, observaram-se alinhamentos resistentes de grandes vigas principais transversais ao vigamento do pavimento, sobre o qual era pregado o soalho, e em alguns casos, um contra soalho [Vicente, 2008].

Em ações de reabilitação, as soluções tradicionais em madeira têm sido substituídas por outras soluções correntes, como as estruturas em betão armado aligeirado usualmente utilizadas nas lajes de teto de lojas, nas escadas de acesso, na implantação de instalações sanitárias ou outras, e alguns casos de perfis de aço, na sua maioria como reforço à estrutura em madeira existente.

2.2.2.1. Revestimentos dos pavimentos e tetos

Ao nível dos revestimentos interiores, a variabilidade de soluções de materiais é já espectável, sem predominância para um determinado tipo. Nas situações analisadas, o soalho pregado é o revestimento mais vulgar e o utilizado nos compartimentos principais. Os revestimentos plásticos ou vinílicos, as betonilhas, e o ladrilho cerâmico, são soluções muito frequentes nas instalações sanitárias e cozinhas. Existe também o recurso a materiais como alcatifas, madeira colada, mosaico hidráulico, pedra, etc., para revestimento dos pavimentos.

Com os tetos verifica-se uma situação análoga, das situações analisadas, o forro de madeira é o mais utilizado, seguidamente do estuque, teto falso, forros, reboco

pintado, areado fino, e de outros materiais diversos. Alguns tetos observados apresentavam a estrutura está à vista.

2.2.3. Coberturas

As coberturas da Baixa têm formas geométricas inclinadas simples de duas, três ou quatro vertentes, sendo o telhado de duas águas o mais vulgar, em resultado da disposição maioritariamente em banda do edificado. Verificam-se apenas alguns casos muito pontuais, de soluções complexas de cinco ou seis águas e de geometria plana ou terraços.

O material mais utilizado para a estrutura resistente é a madeira, sendo o sistema construtivo observado na expressiva maioria da amostra de coberturas visitadas constituído por vigas que descarregam sobre as paredes meeiras, e algumas vezes, por barrotes que descarregam sobre um lintel no topo das paredes de fachada e uma viga de cumeeira (Figura 34).



Figura 34 – Estrutura da cobertura com vigas/barrotes apoiados sobre as paredes [Vicente, 2008].

Existem alguns casos de soluções em asna aberta ou fechada, (Figura 35), quando os vãos envolvidos são muito maiores, para o autor nestes casos a solução estrutural torna-se mais complexa em termos das suas ligações e geometria dos elementos de madeira, e exige-se uma maior qualidade construtiva. Foram observadas asnas mais complexas como asnas compostas, asnas de lanternim e asnas de mansarda nos edifícios mais nobres, com maior número de pisos e de vertentes na cobertura, nestas utilizam-se ferragens nas ligações das peças de madeira [Vicente, 2008].



Figura 35 – Estrutura da cobertura em asnamento [Vicente, 2008].

As madeiras aplicadas nas coberturas são o pinho, o castanho, o carvalho e o choupo.

Os restantes tipos de estruturas da cobertura são em betão armado (como perfis pré-moldados e lajes de betão) e em raros casos consistem de estruturas metálicas e mistas, e prendem-se com ações de reabilitação estrutural a que alguns edifícios foram sujeitos, nas quais a substituição da madeira por outros materiais é uma prática corrente. A falta de enquadramento e compatibilização com o existente é evidenciada pela existência de algumas coberturas com elementos de betão armado em edifícios com estrutura em alvenaria resistente [Vicente, 2008].

Para o autor as intervenções não estruturais nas coberturas têm sido mais no sentido de resolver problemas de infiltração e degradação, contudo recentemente, novas exigências funcionais, vêm promovendo outros tipos de intervenções como a colocação de isolamento térmico e a implantação de sistemas adequados de recolha de águas e de ventilação.

2.2.3.1. Revestimentos das coberturas

Em relação ao tipo de material de revestimento, este é na sua grande maioria telha cerâmica. As telhas do tipo marselha e do tipo lusa são as mais expressivas, com predominância para esta última. A telha tipo lusa é um material de utilização recente pelo que se presume que o seu uso está mais associado a ações de conservação, que geralmente não se estendem à zona dos beirais, onde é vulgar observar duas a três fiadas de telha original, a telha canudo.

Menos significativas são as coberturas revestidas com material não cerâmico como chapas em fibrocimento, metálicas ou de vidro. Destes, em alguns casos a heterogeneidade de materiais e soluções é muito grande, com o uso de dois tipos diferentes de telhas cerâmicas, e ainda a utilização de chapas ou outras telhas em coberturas secundárias, contudo são situações singulares, mas que refletem a sucessão de ações de reparação a que estas coberturas foram sujeitas. Muitas vezes utilizam-se soluções de recurso, mais económicas, mas que resultam na descaracterização das soluções construtivas tradicionais.

De acordo com Vicente [2008], a antiga telha canudo, ou à portuguesa, tem vindo a desaparecer dos telhados da baixa, representando hoje uma pequena minoria, em estado de degradação muito avançado. Dos diversos tipos de assentamento possíveis para este tipo de telha (mouriscado, meio mouriscado, cravado e valladio), as formas de assentamento mais utilizadas são do tipo “valladio” com duplo coberto, sem juntas argamassadas, e do tipo cravado, com argamassa na zona da boca das telhas. Nas zonas dos beirais e da cumeeira são sempre assentes com argamassa.

O beirado tem quase sempre uma quebra na inclinação, existindo poucos casos de prolongamento da vertente, em resultado da existência de um algeroz ou de um contrafeito do varedo obtido por pontas de varas que pregam num frechal sobre a parede [Vicente, 2008].

2.2.4.Vãos e caixilharias

Devido à configuração em banda do edificado, uma expressiva maioria dos edifícios possuem uma ou duas paredes de fachadas com aberturas, menos de um quarto dos edifícios apresentam três ou quatro fachadas com aberturas e apenas 3 edifícios possuem cinco fachadas com aberturas.

Para Vicente [2008] é muito comum os vãos de aberturas (janelas, varandas e portas) serem vencidos com arcos de descarga em tijolo cerâmico de formato 3x12x28cm, enquanto inferiormente e na face interior da parede são aplicados lintéis em madeira.

Nos guarnecimentos verificou-se o uso da pedra calcária da região, geralmente pedra da “Ança”, de baixa resistência e bom aspecto, com uma excelente trabalhabilidade, é também utilizada nos “aventais” das janelas, pilastras, cimalkhas de cantaria, e está muito presente em peças ornamentais na cidade. Esta pedra é também muito vulnerável às ações climáticas, com problemas de desagregação e escamação superficial.

As madeiras de castanho e carvalho são comuns ao nível dos aros de portas, caixilhos e portas, também a madeira de casquinha aparece em diferentes aplicações como portas, guarnições e aros das janelas [Vicente, 2008].

Relativamente às caixilharias, de acordo com o levantamento predominam as de madeira, mas verificou-se também a utilização de caixilhos de alumínio e de ferro. A substituição das originais caixilharias em madeira por outras em alumínio são em número preocupante e revelador da descaracterização construtiva a que a envolvente externa do edificado está sujeita.

Cap.3. Caracterização construtiva da Rua Fernandes Tomás situada na Alta de Coimbra

3.1. Metodologia do trabalho

Quando o objetivo é a reabilitação energética dos edifícios é essencial o estudo térmico das soluções, o qual depende do levantamento completo da geometria e do conhecimento e identificação das variáveis térmicas.

No edificado existente, mas sobretudo nos centros urbanos antigos, como é o caso da Rua Fernandes Tomás, pela especificidade do edificado e de todos os seus condicionalismos arquitetónicos e urbanos, e ainda devido à ausência de elementos gráficos de suporte, não é possível abordá-lo da mesma forma que nos edifícios novos em que é possível controlar através de projeto quase todas as variáveis. Aqui as ações de inspeção, registo e diagnóstico ao edificado existente são a base de todo o processo de reabilitação e tornam-se fundamentais para que a fase de definição das estratégias de intervenção corresponda a análises baseadas na realidade construída, e enquadradas numa perspetiva geral.

Assim, pretendeu-se o levantamento das tipologias e características construtivas dos edifícios em análise, bem como das anomalias de ocorrência mais significativas nos vários elementos construtivos e as intervenções de reabilitação energética na envolvente, a efetuar com recurso a um conjunto de fichas ou check-lists criadas para o efeito e ao registo fotográfico de cada um dos edifícios e dos seus elementos constituintes como, paredes das fachadas, coberturas, vãos, etc., e de eventuais pormenores importantes.

A metodologia do trabalho consistiu nas fases: de investigação e preparação das fichas, de trabalho de campo, aferição e preenchimento das fichas, e de tratamento e interpretação de dados.

As fichas de inspeção, criadas no âmbito deste trabalho, foram desenvolvidas durante a fase de investigação, tendo por base o Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação, as fichas concebidas para o levantamento dos edifícios da Baixa de Coimbra, e a análise dos dados fornecidos pela CM Coimbra nomeadamente, dos trabalhos de levantamento e de recuperação dos edifícios intervencionados na Rua Fernandes Tomás no âmbito do programa PRAUD/OBRAS. Seguiu-se depois uma fase de trabalho de campo e testes sobre um primeiro grupo de edifícios, na qual se verificou que as fichas possuíam demasiada e exaustiva informação, e posteriormente vieram a sofrer ajustes para promover uma maior eficácia e rapidez do levantamento.

Assim, o trabalho de campo decorreu em várias fases, de levantamento fotográfico e visual, e de aferição e preenchimento das fichas de inspeção. O preenchimento das fichas foi complementado através de informação, e consulta de documentação referente ao edificado, do Gabinete para o Centro Histórico de Coimbra,

abreviadamente designado como GCH. Esta entidade promoveu igualmente uma visita ao interior da Casa das Talhas, n.ºs de polícia 58 a 66, imóvel de grande importância histórica, pela diversidade de peças de talharia antigas localizadas nos pisos inferiores que remetem à sua funcionalidade no passado, bem como por incorporar na sua estrutura resistente troços da muralha medieval.

Toda a informação recolhida foi alvo de tratamento, assim, no âmbito deste trabalho, criou-se uma base de dados para esse objetivo, na qual a informação foi organizada em listas ou tabelas que permitem visualizar, tratar e correlacionar a informação, assim como introduzir novos dados, e ainda elaborar estatísticas e gráficos comparativos das variáveis em estudo que facilitem a sua interpretação, cruzamento, correlação e análise.

3.2. Desenho das fichas de inspeção

Nestas fichas, cuja organização se apresenta na Figura 36, são registados os dados relativos às características gerais e físicas dos edifícios, e sobretudo, às características de cada tipo de elemento construtivo da sua envolvente (identificação dos materiais, soluções construtivas, constituição, revestimentos, intervenções de beneficiação realizadas, anomalias existentes, estado de conservação, condições de isolamento, etc.).

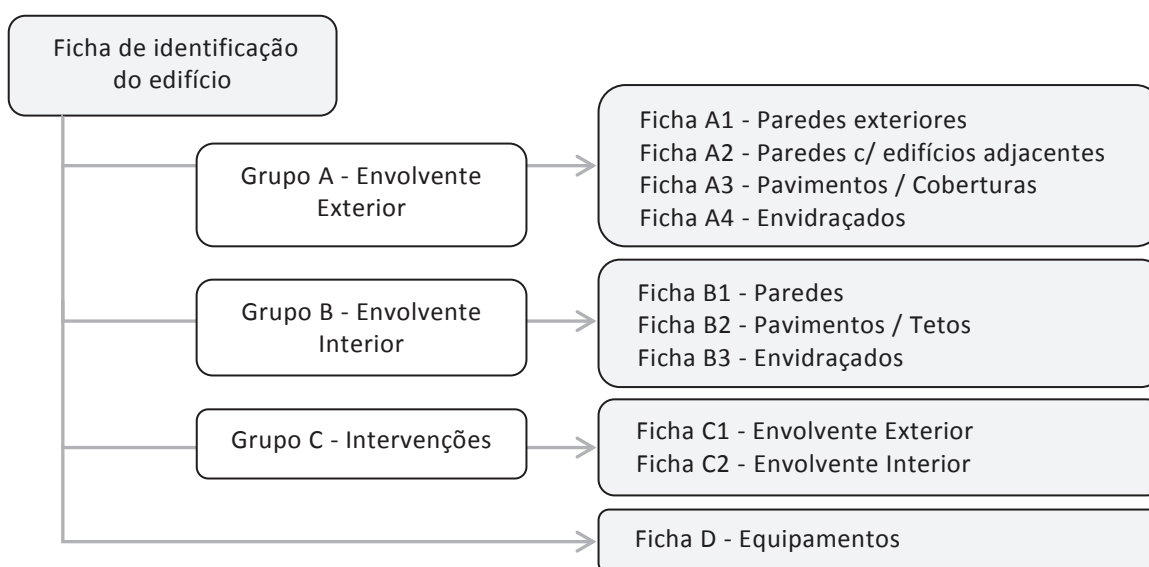



Figura 36 – Esquema das fichas de inspeção utilizadas no levantamento dos edifícios.

Para um levantamento expedito optou-se pelo desenho de uma ficha tipo checklist individual para cada edifício como as apresentadas na figura 37, na qual foram configurados os itens mais relevantes para este estudo e as situações mais comuns para os dados a recolher. Inseriu-se, no final, um campo de observações com vista à identificação de casos mais raros não contemplados, e para descrição detalhada ou pormenorização com desenhos / esquemas explicativos, quando necessário.

EMSURE
Energy and Mobility for
Sustainable Regions

mais
CENTRO
Programa Operacional Regional do Centro

QR
ER
QUADRO DE REFERÊNCIA ESTRATÉGICO NACIONAL



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

Caracterização de Edifícios Existentes da Alta de Coimbra																																																																																																													
Ficha de Tipificação das Soluções da Envolvente Exterior																																																																																																													
Paredes exteriores																																																																																																													
1. Orientação	Ficha A1																																																																																																												
<p>N <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> SO <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> SE <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/></p>																																																																																																													
2. Constituição da parede																																																																																																													
<p>Função: Resistente <input type="checkbox"/></p> <p>Tipo: Alvenaria de tijolo <input type="checkbox"/> Alvenaria de pedra <input type="checkbox"/> Pedra irregular c/argamassa de cal <input type="checkbox"/> Pedra calcária aparelhada <input type="checkbox"/> Outro <input type="checkbox"/> Obs: _____</p> <p>Espessura [cm]:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>< 50</th> <th>50-60</th> <th>60-70</th> <th>70-80</th> <th>80-90</th> <th>> 90</th> <th>Frisos:</th> <th>Sacadas:</th> <th>Nº portas:</th> <th>Nº janelas:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R/C</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>1ª</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2ª</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>3ª</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>4ª</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>5ª</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> <p>Diminuição da espessura em altura: <input type="checkbox"/> Isolamento térmico: <input type="checkbox"/> Especifique _____</p> <p>Parede em contacto com o solo: <input type="checkbox"/></p> <p>Parede enterrada: _____ Profundidade média _____ m Espessura da parede exposta: _____ m</p>			< 50	50-60	60-70	70-80	80-90	> 90	Frisos:	Sacadas:	Nº portas:	Nº janelas:	R/C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1ª	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2ª	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3ª	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4ª	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5ª	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																															
	< 50	50-60	60-70	70-80	80-90	> 90	Frisos:	Sacadas:	Nº portas:	Nº janelas:																																																																																																			
R/C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																			
1ª	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																			
2ª	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																			
3ª	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																			
4ª	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																			
5ª	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																			
3. Constituição do revestimento exterior da parede																																																																																																													
<p>Tipo:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>R/C</th> <th>1ª</th> <th>2ª</th> <th>3ª</th> <th>4ª</th> <th>5ª</th> <th>Côres:</th> <th>Clara</th> <th>Média</th> <th>Escura</th> <th>Guarnecimentos:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Reboco tradicional (1:1.5 a 6)</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Argamassa de cal (1:3)</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Pintura tinta acrílica</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Pintura texturada</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Pintura de cal</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Revestimento cerâmico</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Placagem de pedra</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Outro _____</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> <p>_____ cor: _____</p>			R/C	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	Côres:	Clara	Média	Escura	Guarnecimentos:	Reboco tradicional (1:1.5 a 6)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Argamassa de cal (1:3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pintura tinta acrílica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pintura texturada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pintura de cal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Revestimento cerâmico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Placagem de pedra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Outro _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	R/C	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	Côres:	Clara	Média	Escura	Guarnecimentos:																																																																																																		
Reboco tradicional (1:1.5 a 6)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																		
Argamassa de cal (1:3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																		
Pintura tinta acrílica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																		
Pintura texturada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																		
Pintura de cal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																		
Revestimento cerâmico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																		
Placagem de pedra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																		
Outro _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																		
4. Registo de Anomalias																																																																																																													
<p>Fissuração: Variação térmica ou teor humidade <input type="checkbox"/> Humidade: Condensações internas <input type="checkbox"/> Deformação dos elem. de suporte <input type="checkbox"/> Condensações superficiais <input type="checkbox"/> Esmagamento localizado <input type="checkbox"/> Infiltrações p/ caixilharia/fachada <input type="checkbox"/> Retração do revestimento <input type="checkbox"/> Infiltrações pela cobertura <input type="checkbox"/> Assentamento de fundações <input type="checkbox"/> Humidade ascensional <input type="checkbox"/> Devido a concentração de tensões <input type="checkbox"/> Escorrências <input type="checkbox"/> Outro _____ <input type="checkbox"/> Outro _____ <input type="checkbox"/></p> <p>Outras: Tinta descascada/empolada <input type="checkbox"/> Envelhecimento dos materiais <input type="checkbox"/> Queda de revestimento <input type="checkbox"/> Destacamento/descolamento do revestimento <input type="checkbox"/> Poluição, grafittis, musgos, bolores <input type="checkbox"/> Outro _____ <input type="checkbox"/></p> <p>Obs: _____</p>																																																																																																													
5. Observações																																																																																																													

Figura 37 – Exemplo da ficha de inspeção.

A ficha Identificação do Edifício regista as características gerais, como época de construção, implantação, volumetria, intervenções, uso, espaços comuns e adaptabilidade do edifício, assim como dados relativos à envolvente e acessibilidade, nomeadamente a largura dos arruamentos.

As fichas do grupo A, designadas por Fichas A1, A2, A3 e A4, registam os dados relativos às características construtivas dos elementos da envolvente exterior: Paredes exteriores (A1) / Paredes com edifícios adjacentes (A2) / Pavimentos / Coberturas (A3) / Envidraçados (A4).

As fichas do grupo B são designadas por Fichas B1, B2 e B3, e registam os dados relativos às características construtivas dos elementos da envolvente interior: Paredes interiores (B1) / Pavimentos / Tetos (B2) / Envidraçados (B3).

As fichas do grupo C, compostas pelas Envolvente Exterior (C1) e Envolvente Interior (C2), analisam as intervenções ao nível da reabilitação energética efetuadas na envolvente do edifício, nomeadamente soluções de isolamento térmico e intervenções nos vãos envidraçados.

Além das fichas de caracterização das construções apresentadas, foi elaborada a Ficha D para registo dos sistemas técnicos existentes de aquecimento, arrefecimento e ventilação e suas características como fonte de energia, potência, localização e fração servida etc.

As fichas finais, que podem ser consultadas nos Anexos 1 e 2, são as definitivas, e são compostas de 2 versões.

A 1ª versão (Anexo 1) que contempla o levantamento visual quer ao nível da envolvente externa, quer através de uma visita interior do edifício, e é composta pelas fichas:

- Ficha Identificação Edifício;
- Envolvente Exterior (Grupo A) – Paredes exteriores (A1) / Paredes com edifícios adjacentes (A2) / Pavimentos / Coberturas (A3) / Envidraçados (A4);
- Envolvente Interior (Grupo B) – Paredes (B1) / Pavimentos / Tetos (B2) | Envidraçados (B3);
- Intervenções de reabilitação energética (Grupo C) – Envolvente Exterior (C1) / Envolvente Interior (C2);
- Equipamentos (Ficha D).

A 2ª versão (Anexo 2), quando o levantamento dos edifícios se restringia à avaliação visual da envolvente exterior, mostrou-se necessário simplificar para um levantamento mais expedito, e considerar somente as seguintes fichas:

- Ficha de identificação do edifício;
- Paredes exteriores (A1);
- Pavimentos / Coberturas (A3);
- Envidraçados (A4);
- A ficha de intervenção da envolvente exterior (C1).

3.3. Aplicação das fichas à Rua Fernandes Tomás

A dificuldade de acesso ao interior à quase totalidade dos edifícios impossibilitou o levantamento visual e fotográfico relativo aos elementos interiores e instalações técnicas, restringindo assim, à visualização pelo exterior do edificado.

Procurou recolher-se a informação mais completa e rigorosa de cada edifício, complementando a inspeção visual com a documentação existente no gabinete para o centro histórico. No entanto, as limitações de acessibilidade, de identificação visual, e outras condicionantes do levantamento, introduzem alguns níveis de incerteza, que implicam para determinados itens das fichas de inspeção a ocorrência de resultados pouco conclusivos. Todos os dados recolhidos foram introduzidos na base de dados e processados, tendo sido convenientemente sujeitos a uma pré-análise de modo a averiguar se os resultados que daí advêm são interessantes e válidos.

Foi ainda definida uma ficha para cada edifício analisado, de forma a agrupar as suas características principais num documento único de registo como se exemplifica na Figura 38. As fichas dos edifícios podem ser consultadas no Anexo 3.

São apresentados nas secções seguintes os dados mais importantes que resultaram da inspeção e diagnóstico e que melhor caracterizam o edificado da Rua Fernandes Tomás, um universo de 25 edifícios.








					
Levantamento do Edifícios Existentes na Alta de Coimbra					
Rua Fernandes Tomás - Coimbra Freguesia da Almedina					
Ficha do Edifício					
N.º de Polícia:		<u>75, 77, 79, 81</u>	N.º de pisos:	<u>4</u>	(acima do solo)
Data de construção:		<u>Séc. XVII/XIX</u>	(Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra)		
					
Vista geral do edifício		R/Chão - Fachada Oeste (Principal)		Tipologia das aberturas	
Largura da via:	<u>±2,60m</u>	Altura dos edifícios frontais:	<u>Superior</u>		
Utilização do edifício:	<u>Habitação.</u>				
Tipo de estrutura:	<u>Alvenaria de pedra com função resistente.</u>				
Revestimento exterior da parede:	<u>Reboco tradicional e argamassa de cal.</u>				
Principais anomalias:	<u>Fissuração e queda do revestimento, tinta descascada/empolada. Envelhecimento e degradação dos materiais, apodrecimento da madeira, deformações e esmagamentos, humidades e infiltrações, musgos, bolores, vegetação pioneira.</u>				
	<u>Peitoris com deficiências: sem saliência e sem pingadeira.</u>				
Tipologia dos vãos (portas e janelas):	<u>R/Chão: portas e janela de duas folhas. Pisos: portas de duas folhas e janelas de guilhotina. Caixilharia em madeira com quadricula e vidro simples.</u>				
Proteções existentes:	<u>Cortinas interiores ligeiramente transparentes. Portadas opacas interiores em madeira.</u>				
Pavimentos:	<u>Pavimento térreo em contato com o solo. Pavimentos em madeira.</u>				
Estrutura da cobertura:	<u>Telhado de duas águas com estrutura vigada de madeira.</u>				
Material de revestimento da cobertura:	<u>Revestimento cerâmico em telhas lusa e canudo.</u>				
Intervenções analisadas:	_____				
Estado de conservação:	<u>Edifício em mau estado de conservação.</u>				
Especificidades:	<u>Janelas de avental. Vários materiais em molduras dos vãos: cantaria, reboco saliente e madeira pintada. Acrescentos, ao último piso, recuados em relação à fachada.</u>				
Observações:	<u>Outras fachadas com aberturas: saguão</u>				

Figura 38 – Exemplo da ficha do edifício.

3.4. Caracterização geral do edificado e da envolvente urbana

3.4.1. Localização

A Rua Fernandes Tomás está implantada na encosta poente da Alta de Coimbra (Figura 39), mais especificamente no quarteirão almedina, próxima a uma das principais entradas na zona intramuros, a torre Almedina, incorporando no seu traçado as torres medievais do Trabuquete e de D. Joana, assim como parte da muralha que foram assimilados pelos edifícios (Figura 40).



Figura 39 – Mapa de Localização da área de estudo [Google, 2014].



Figura 40 – Imagem da Torre de Almedina e da Casa das Fangas; localização da Torre do Trabuquete.

3.4.2. Caracterização geral do arruamento e do edificado

Nesta via, que no séc. XVI se passaria a denominar Rua das Fargas (a Fanga era uma antiga medida de cereais), dada a sua localização estratégica, ocorria o mercado de farinhas da cidade. A mudança toponímica da rua resultou de dois movimentos paralelos, sendo, o êxodo das classes inferiores para o arrabalde, reforçado a partir de séc. XIV pela pandemia da peste negra, e a apropriação das torres da muralha pela elite urbana, que veio alterar o tipo de ocupação até então dominada pela atividade comercial daquelas classes, e conferir também maior nobreza ao edificado. Para o comércio e armazenamento de farinhas e pão, ter-se-ia aforado a Casa da Fanga, no nº 55 a 59, sendo este um dos edifícios mais importantes da rua pelo seu valor histórico, nobreza da construção e elementos artísticos que ainda conserva. Nos séculos seguintes este edifício teria ainda várias ocupações, nomeadamente no Séc. XIX, com a instalação duas sociedades secretas e mais tarde a imprensa comercial [GCH, s.d.; GCH, 2012; Valins, 2013].

Ao mesmo tempo, com a transferência definitiva da universidade para Coimbra, a partir de 1537, a vinda de mestres e estudantes e de prestadores de serviços ligados à vida académica origina um aumento exponencial da população de Almedina. Muitas casas que haviam sido abandonadas, ou destruídas durante o século da peste negra, foram reedificadas e a muralha medieval destruída para uso, ou integrada nas novas estruturas construídas, como é o caso dos edifícios do alçado poente da Fernandes Tomás que foram erigidos encostados ou sobre a muralha [GCH, 2012; Valins, 2013].

Em 1883, recebe a sua denominação atual em homenagem a Manuel Fernandes Tomás, um dos fundadores da associação secreta que promoveu a revolução liberal em Portugal, o Sinédrio.

A estrutura edificada da rua é, como já referido, muito antiga, a variabilidade de características arquitetónicas e elementos construtivos de épocas distintas permite constatar visualmente a evolução dos edifícios ao longo do tempo, como por exemplo: as janelas de avental típicas do séc. XVI, os pequenos olhos de boi com guarda metálica do séc. XVI em diante, as poucas aberturas e os pequenos rasgos que denunciam o séc. XVII, os painéis de azulejos ao nível do piso térreo comuns no séc. XVIII, as sobreposições ao último andar de um piso recuado que ocorreram no séc. XIX. As molduras em mármore e as caixas de estores do séc. XX, etc... [GCH, s.d.].

Na Figura 41 apresenta-se a época de construção dos edifícios analisados.

Verifica-se a existência de 19 edifícios construídos antes do séc. XX. Este aspeto traduz-se em edifícios muito pouco eficientes, sem conforto e insalubres, com elevados consumos energéticos, devido à inexistência de condições de habitabilidade e à ausência de exigências de conforto, consideradas no presente como fundamentais.

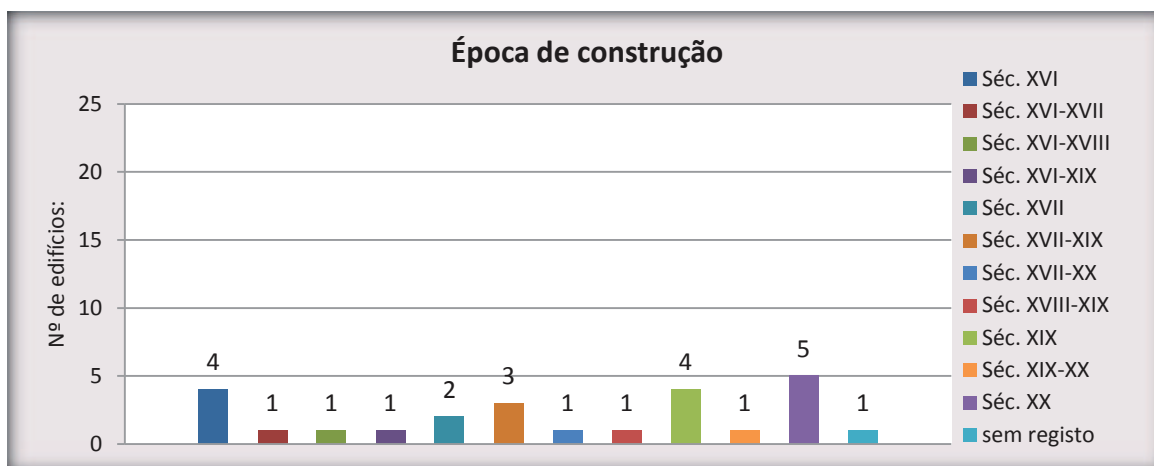


Figura 41 – Época de construção do edifício [GCH, s.d.].

O interesse arquitetónico de um edifício constitui-se pelos elementos arquitetónicos que marcam uma arte ou uma época, e por definição exige que o imóvel seja preservado, esta exigência também o deve ser pela história, valor cultural e ideológico que detém. No edificado da Rua Fernandes Tomás existem 21 edifícios de interesse arquitetónico e 4 casos sem interesse arquitetónico que consistem em construções que resultam de alterações que desvirtuaram o edifício (Figura 42).

No que diz respeito ao cadastro dos imóveis, a quase totalidade dos edifícios apresentam propriedade privada, identificam-se apenas 3 edifícios públicos (Figura 42).

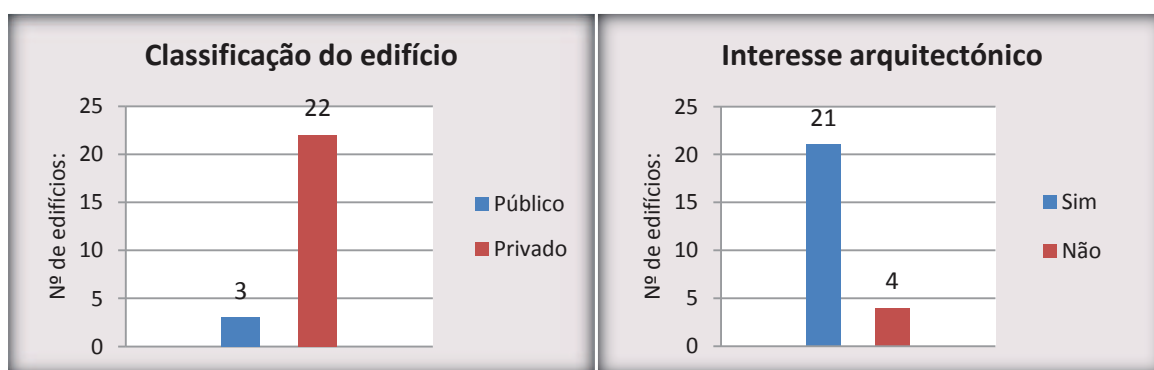


Figura 42 – Classificação dos edifícios quanto ao domínio e interesse arquitetónico.

No contexto atual, a salvaguarda da imagem do centro histórico e do edificado, está apoiada por legislação que visa a sua proteção e programas que promovem e participam operações de reabilitação e renovação de áreas degradadas de modo a motivar e apoiar a intervenção por parte dos seus proprietários, que carece destas medidas por razões socioeconómicas e outras.

Nomeadamente, os imóveis da Rua Fernandes Tomás integram o centro histórico, zona classificada em Grau de Proteção I, segundo o PDM aprovado pela resolução do conselho de ministros nº 24/1994, isto é, “zonas de alto valor histórico e ambiental, que devem ser conservadas, recuperadas e valorizadas” [PDM, 1994], bem como de determinada Zona Especial de Proteção (ZEP) pela aproximação a Monumentos

Nacionais classificados, como a “Casa da Nau”, a “Torre de Almedina” e a “Porta da Barbacã”.

A Rua está também inserida na área “Universidade de Coimbra - Alta e Sofia” inscrita como Património Mundial da UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura) em Junho de 2013 nos termos da decisão 37COM8B.38 do comité do património mundial [GSEC, 2013; PDM, 2014].

Como parte do tecido urbano da Almedina, uma malha irregular caracterizada pela sua origem medieval, a rua apresenta-se, assim, estreita e delineada pelas fachadas alinhadas dos edifícios construídos em banda em resultado da sua adaptabilidade à topografia do terreno e ao traçado da muralha. A continuidade viária só é interrompida pela existência de uma escadaria utilizada para vencer o desnível entre os vários patamares do alçado nascente. Desta forma, os edifícios apresentam-se com uma implantação em banda meio à exceção de 4 casos em banda extremo (Figuras 43 e 44).



Figura 43 – Imagens da rua Fernandes Tomás.

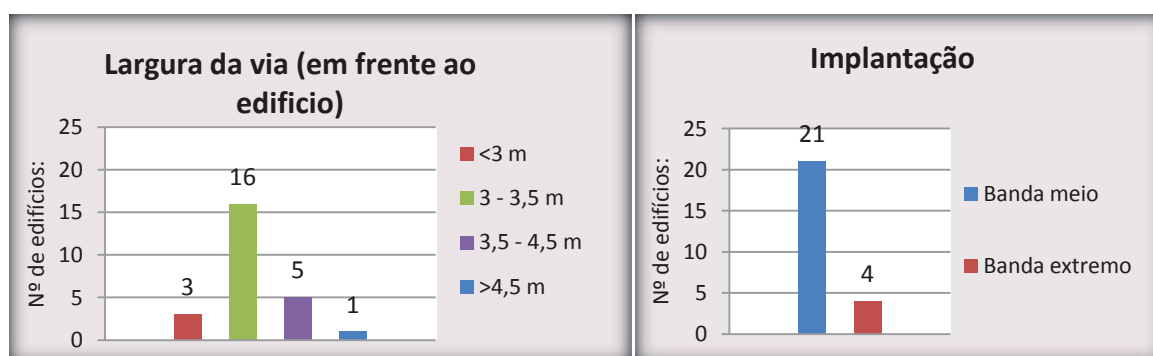


Figura 44 – Largura da via em frente ao edifício e tipo de implantação do edifício.

Os dados da altimetria do edificado referente à Rua Fernandes Tomás, demonstram que o número de pisos acima do solo varia entre os três e os cinco, todavia são mais frequentes os três e quatro pisos. Esta elevação traduz-se num agravamento dos problemas de salubridade, no que diz respeito à insolação e ventilação dos edifícios. Note-se que, e como se observa na figura 44, a largura do arruamento em frente ao edifício em 19 casos é inferior a 3,5m, e a altura dos

edifícios adjacentes e frontais é, na sua maioria, igual ou superior à altura do edifício (Figuras 44 a 46).

O número de edifícios com pisos enterrados é diminuta, apenas foram observados alguns casos, apresentando um deles também uma subcave (Figura 45).

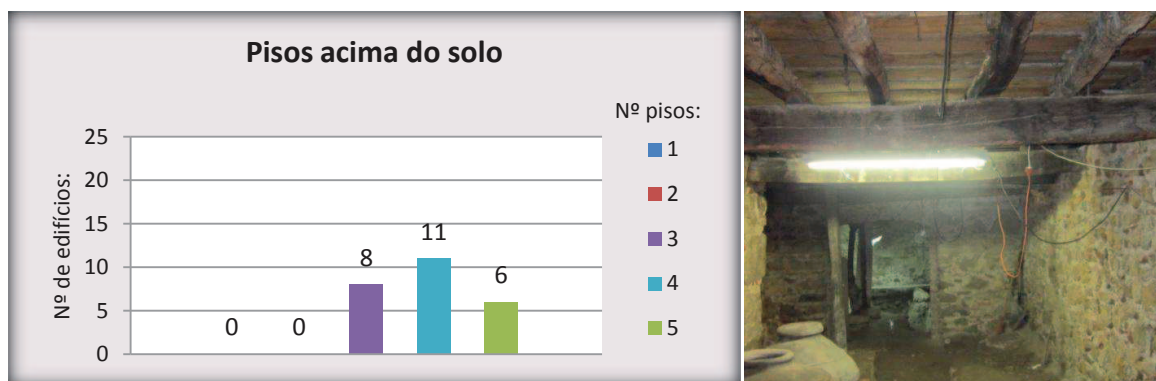


Figura 45 – Número de pisos acima do solo e imagem de uma subcave (casa das talhas).

Os resultados da altura dos edifícios confinantes, apresentados na Figura 46, contemplam para os edifícios implantados em banda-meio ambos os edifícios adjacentes.

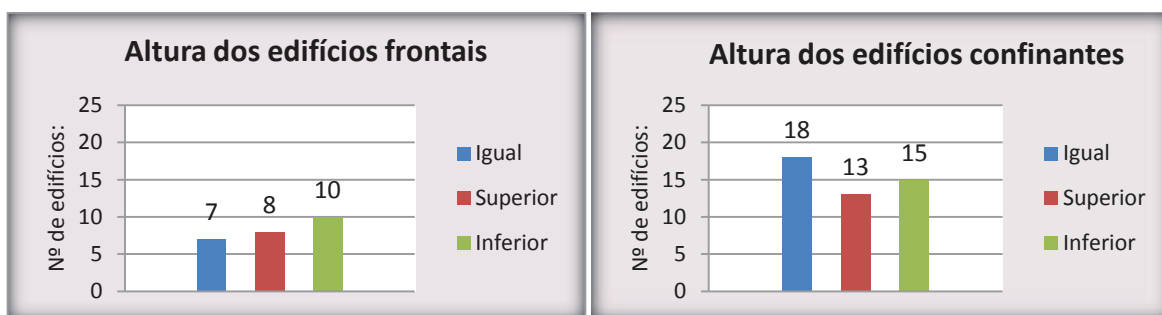


Figura 46 – Relação com a altura dos edifícios frontais e confinantes.

A existência e a disposição dos vãos nas fachadas condiciona significativamente o conforto e a qualidade do ar do espaço interior. Verificou-se que quase metade dos edifícios possui aberturas em duas paredes de fachada, 9 edifícios apresentam aberturas em três ou mais fachadas. Em 5 casos observou-se a existência de aberturas só na fachada principal (Figura 47).

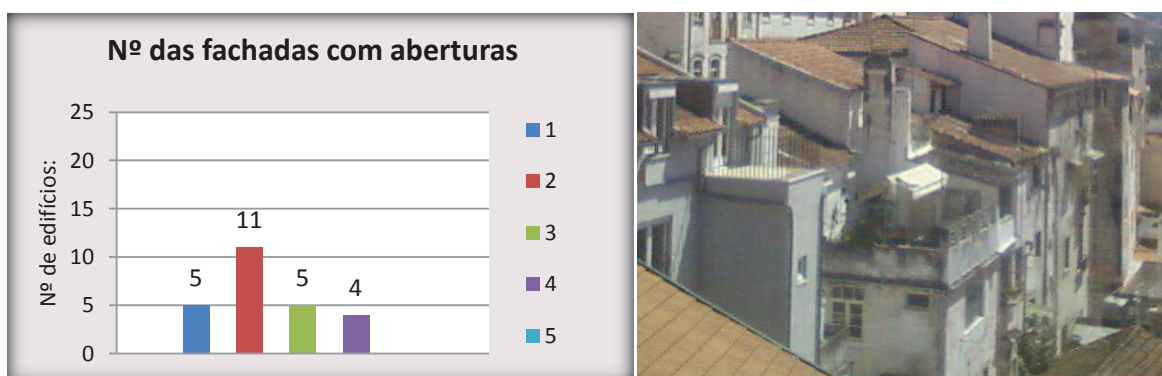


Figura 47 – Nº de fachadas com aberturas e imagens de fachadas posteriores com aberturas

O pé-direito dos edifícios não é constante, em alguns casos os edifícios têm alturas de piso mais baixas que os edifícios envolventes. Nomeadamente, ao nível do rés-do-chão, a altura de piso varia entre os 2,5 a 4m, registando-se apenas um imóvel com um pé-direito superior a 4m (Figura 48).

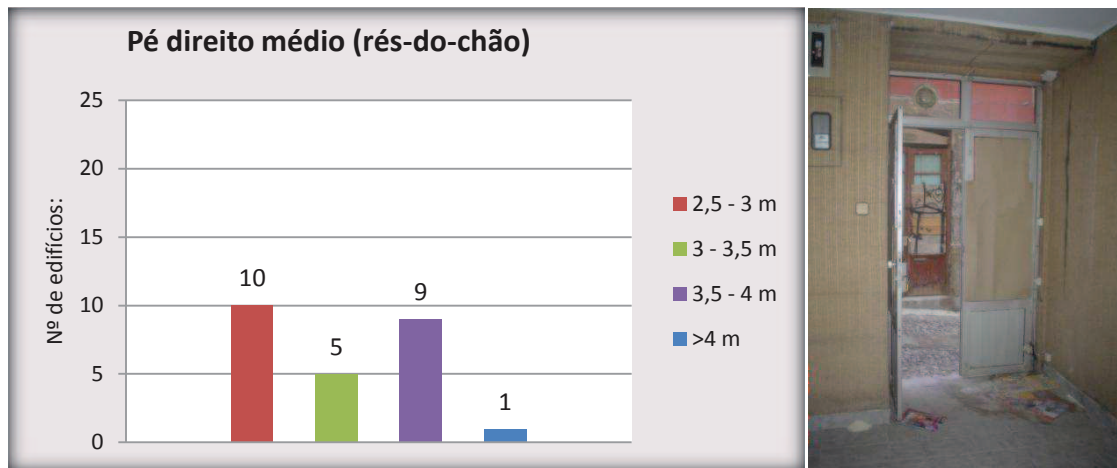


Figura 48 – Pé direito do rés-do-chão.

Segundo os dados do levantamento, a utilização dos edifícios é maioritariamente residencial. O uso correspondente ao comércio encontra-se essencialmente ao nível do piso térreo, os pequenos comércios ou bares registam 8 casos. Na rua existe um edifício de serviços e quatro edifícios encontram-se totalmente desocupados (Figura 49).

Os edifícios encontram-se dotados das infraestruturas básicas: eletricidade, abastecimento de água e drenagem de águas residuais e de águas pluviais.

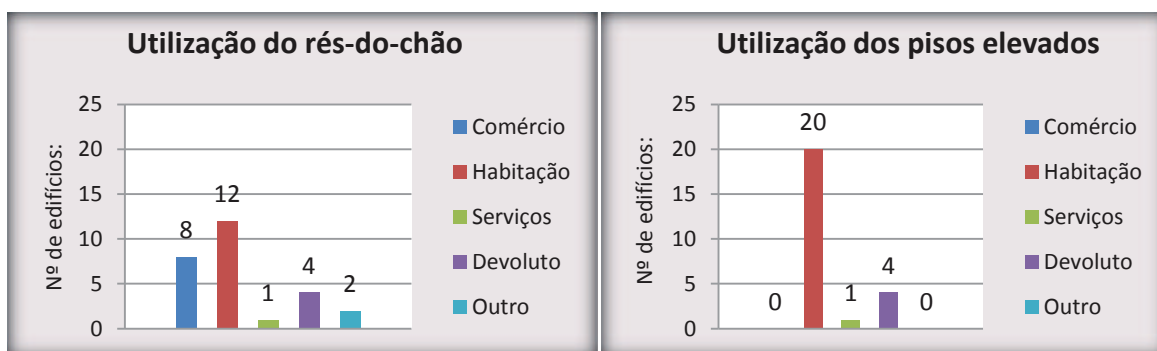


Figura 49 – Tipo de utilização do rés-do-chão e dos pisos elevados.

Relativamente à tipologia estrutural, maioritariamente os edifícios constituem-se por alvenarias de pedra em fachadas e empenas laterais (envolvente opaca), dando apoio a pavimentos tradicionais de madeira compostos por vigamentos e soalhos (Figura 50). Existem 3 edifícios sem informação da sua tipologia estrutural. Foram também observados 5 edifícios de tipologia mista em resultado de alterações ou recuperações do edificado, este é o caso, por exemplo, do nº 83 a 85.

Este imóvel adquirido pela câmara através de um contrato de permuta de bem presente por bem futuro, devido ao estado de ruína do mesmo, deu lugar a uma

solução urgente de estrutura em betão armado com paredes interiores em alvenaria de tijolo, motivada pela derrocada parcial da fachada nascente durante as obras de consolidação das fachadas, e pelo facto dos edifícios adjacentes não possuírem fundações. Como se observa na Figura 51 na Rua Fernandes Tomás manteve-se a fachada em alvenaria de pedra, mas a porta e o portão existentes ao nível térreo, foram eliminados e aplicado um único vão que faz o acesso automóvel ao estacionamento [GCH, 2005].

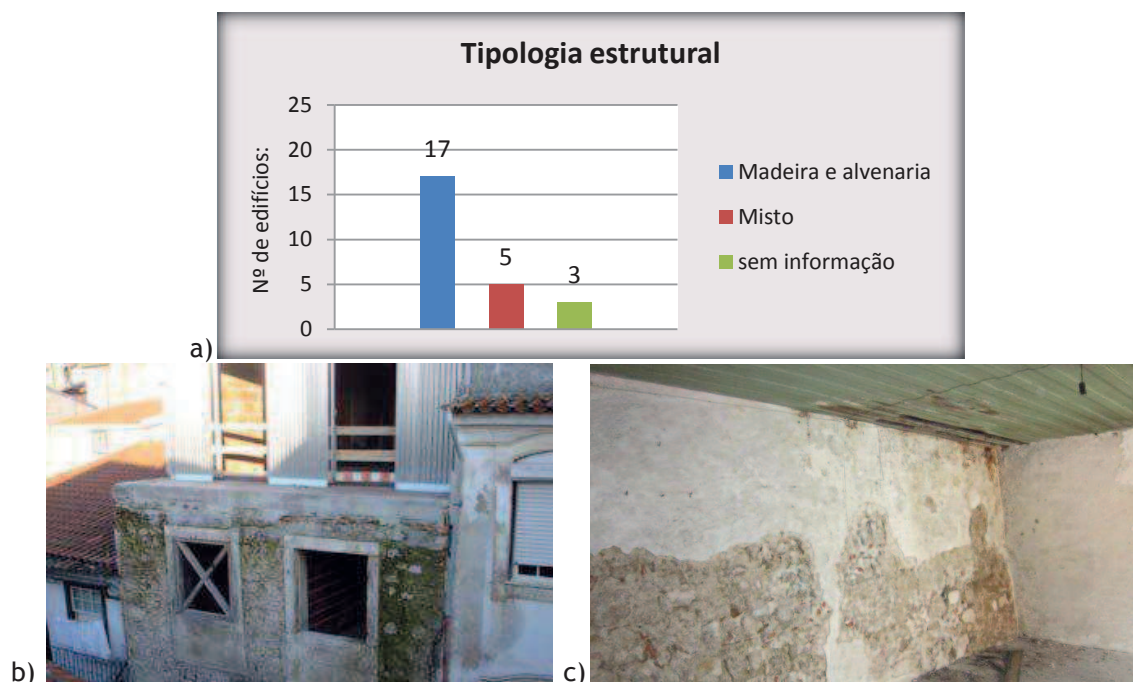


Figura 50 – Tipologia estrutural dos edifícios: a) Nº de edifícios por tipo de estrutura, b) e c) Imagens de diferentes tipologias estruturais.



Figura 51 – Imagens de alteração de vãos no edifício nº 83 a 85 [GCH, 2005].

Ao longo dos tempos os proprietários têm realizado diversas operações para a recuperação dos imóveis, e nem sempre são no intuito de compatibilização com o edificado já existente, em outros casos e pelas mais variadas razões, não são realizadas as ações de conservação necessárias ao edifício levando-o a um estado de degradação profunda.

Os programas de apoio financeiro público como o PRAUD/Obras - Programa de recuperação das áreas urbanas degradadas, impulsionaram as intervenções de reabilitação do edificado na Rua Fernandes Tomás, no contexto de uma estratégia geral para toda a área urbana, e no sentido de preservar os elementos originais do edifício e eliminar os elementos dissonantes. Foram desenvolvidas ações, na sua grande maioria, ao nível da remodelação de infraestruturas técnicas, melhoramentos interiores como as instalações sanitárias, da recuperação de fachadas (nomeadamente com a restituição dos rebocos e das caixilharias originais) e ao nível das coberturas (estrutura e revestimento), e da melhoria do desempenho térmico e acústico proporcionado pela envolvente, entre outras.

Verificaram-se 16 casos de intervenções de reabilitação na rua conforme consta na Figura 52.

O estado de conservação é avaliado relativamente às condições que o edifício apresenta aquando do levantamento, com base no que foi dado a observar. Constatase que a sua maioria apresenta um estado de conservação razoável, 9 casos, 7 foram considerados como bons, e 5 como muito bons (Figura 52).

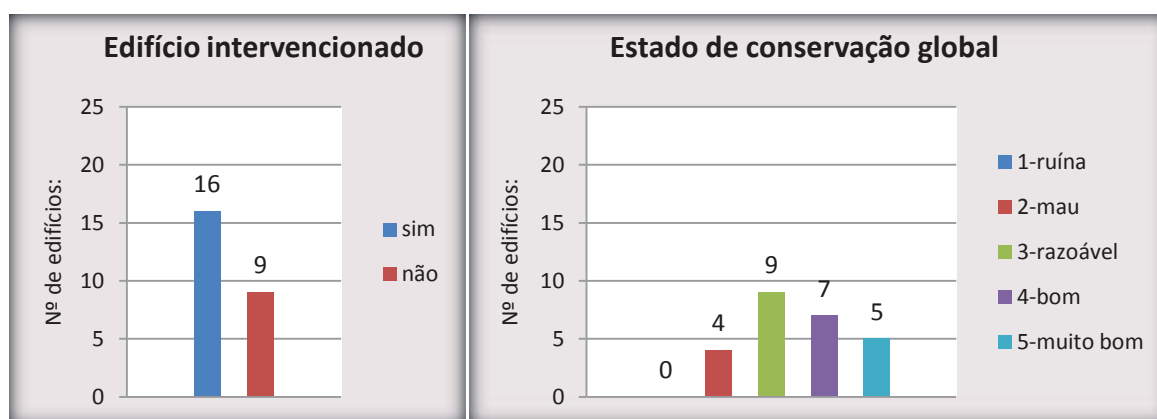


Figura 52 – Nº de edifícios intervencionados e estado de conservação global.

No entanto, existe uma pequena parte do edificado em mau estado de conservação, quatro casos dos quais três são devolutos, e a necessitar de uma intervenção urgente, como pode ser observado através das Figuras 53 e 54, nomeadamente ao nível da reabilitação de fachadas, coberturas e vãos.

A casa das talhas (Figura 54) é um destes casos, adquirida pelo município de Coimbra, pelo seu valor histórico e arquitetónico, através de um contrato de permuta de bem presente por bem futuro. A intervenção prevista propõe que a imagem do imóvel seja mantida e eliminadas 3 pequenas janelas, na porta nº 58, por se tratar de acrescentos posteriores. Relativamente à função do edifício será afeto o rés-do-chão, cave e subcave a uma galeria/espço museológico, de modo a valorizar a importância histórica do edifício, através da apresentação dos achados arqueológicos nestes pisos, a talharia de cerâmica e o pano muralhado. Os restantes pisos serão de habitação [Valins, 2013].



Figura 53 – Exemplos de edifícios em mau estado de conservação.



Figura 54 – Edifício da Casa das Talhas considerado em mau estado de conservação.

Os edifícios em ruína são inexistentes, não se registando qualquer edifício nesse estado.

3.5. Tipificação das Soluções da Envolvente Exterior

Embora não tenha sido possível observar diretamente o interior e as fachadas posteriores de todos os edifícios para aferir resultados absolutos ou mais conclusivos em relação às soluções construtivas de alguns dos elementos da envolvente exterior como tipos de estrutura e condições de apoio, constituições e revestimentos, e condições de isolamento interior, etc., as inspeções visuais e os dados consultados no Gabinete para o Centro Histórico, assim como a semelhança de soluções encontradas com os edifícios dos centros antigos em geral e com os edifícios da baixa já mencionadas nos capítulos anteriores, permitiram os resultados que a seguir se apresentam.

3.5.1. Paredes Exteriores

Identificou-se a presença de vários tipos de técnicas construtivas nas paredes exteriores resistentes das fachadas. Estas são geralmente em alvenaria e com recursos a materiais (madeira, pedra calcária, tijolo e argamassa de areia e cal) e técnicas construtivas utilizadas desde o período tardo-medieval [GCH, 2010]. Foi possível observar, em algumas amostras, a heterogeneidade das paredes de pedra irregular, incorporando cacos e tijolos maciços no seu preenchimento e assentamento (Figura 55).



Figura 55 – Exemplos de paredes da fachada posteriores e de empena [GCH, 2010; GHC,2007; Valins, 2013].

3.5.1.1. Tipificação das soluções das paredes exteriores da Rua Fernandes Tomás

Orientação

A orientação do edifício expõe as envolventes a condições climáticas e de insolação muito diferentes. As fachadas principais, Figura 56, apresentam-se em 13 casos com orientação Este e nos restantes com orientação Oeste.

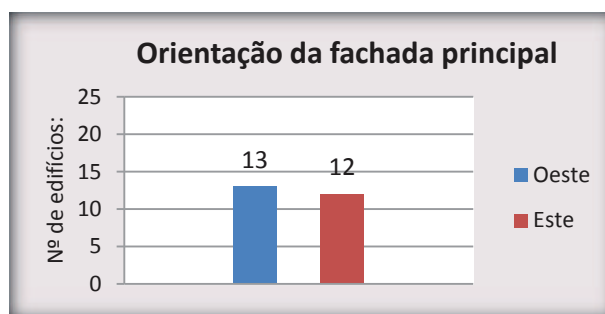


Figura 56 – Orientações das fachadas principais.

Constituição das paredes

As paredes das fachadas principais têm função resistente e são, na quase sua totalidade, em alvenaria de pedra irregular com argamassa à base de cal, registando-se 4 casos de alvenaria de pedra aparelhada (Figura 57 e 58).

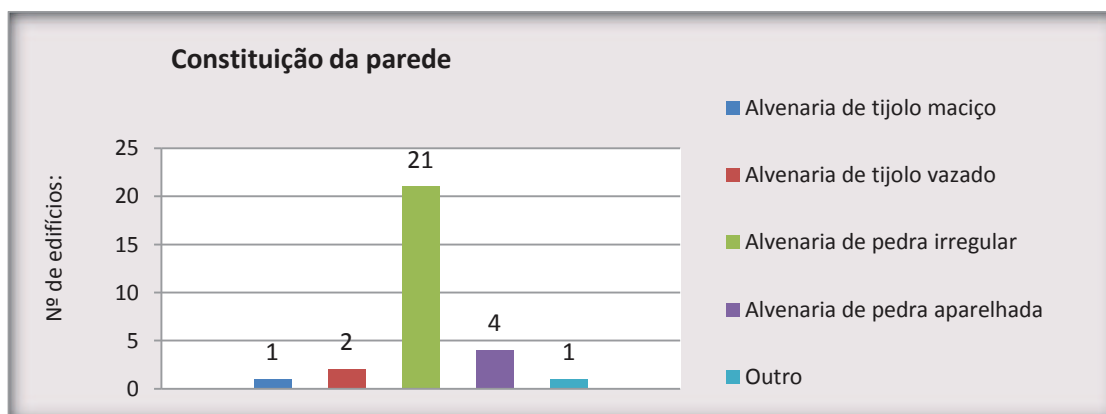


Figura 57 – Constituições das paredes das fachadas principais.



Figura 58 – Exemplos de paredes das fachadas principais alvenaria de pedra.

Observaram-se casos de coexistência com a alvenaria de pedra, como: dois casos de tijolo vazado resultantes de acrescentos em reconstruções recentes ao nível de um último andar e mansarda e uma fachada posterior, um caso de tijolo maciço em panos de abertura de vãos, e um caso de estrutura de madeira embutida na alvenaria com a técnica em gaiola, típica das construções pombalinas (Figuras 59 e 60).



Figura 59 – Exemplos de paredes das fachadas principais em alvenaria de tijolo.



Figura 60 – Parede de fachada em alvenaria de pedra com estrutura de madeira [GHC, 2010].

Dos registos realizados relativamente às espessuras das paredes exteriores não consta a totalidade dos edifícios da rua, contudo foi possível aferir os resultados constantes na Figura 61. Na sua maioria as espessuras variam entre os 50 e 70 cm com correspondência para as maciças paredes de pedra nas quais se observou a diminuição da espessura das mesmas com a altura (Figura 62).

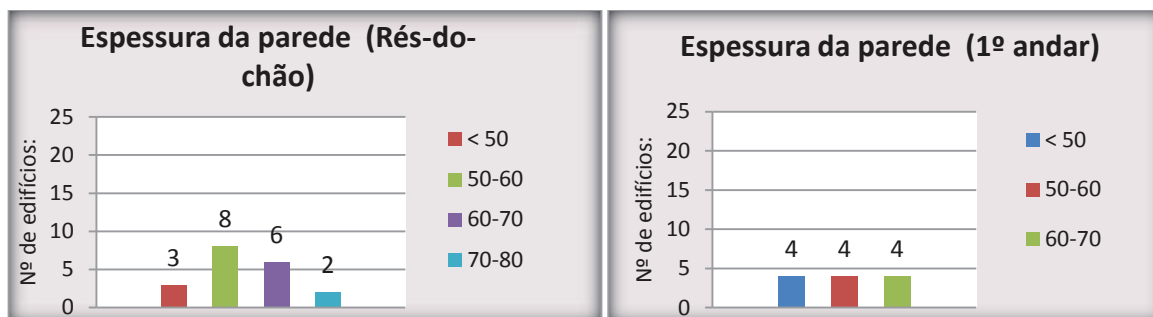


Figura 61 – Espeçura das paredes exteriores.



Figura 62 – Paredes exteriores: a) representa es esquemáticas; b) imagem da fachada posterior do n  83 a 85, em pedra, após a derrocada e reconstru o em tijolo [GCH, 2005].

Aberturas

A tipologia das aberturas e a percentagem de área de vãos   muito variável como se pode observar nas Figura 63 e 64.

Nas fachadas principais, o n  de portas no rés-do-chão varia entre uma e cinco, sendo mais comuns as duas portas correspondendo a lotes mais estreitos, em 10 edifícios, as três portas, em 6 edifícios, e as quatro portas, em 4 edifícios.

As janelas no rés-do-chão não existem em 10 edifícios, 6 têm apenas uma janela, e 7 têm duas. Existem somente dois casos com 3 e 4 janelas. Em algumas edifica es observaram-se ainda outras pequenas aberturas não contabilizadas, como pequenos óculos ou frestas, que permitem uma maior ventila o e ilumina o do espaço seu interior.

Nos pisos elevados a diversidade é mais evidente, por norma o ritmo de aberturas mantem-se em altura variando no último piso. Em 14 edifícios o tipo de abertura existente no 1º piso é a janela de peito (de batente ou de guilhotina). Os edifícios de fachada mais larga e em geral com três ou mais portas no rés-do-chão têm uma configuração ao nível dos pisos elevados composta por janelas de sacada de batente e por janelas de peito (de batente ou de guilhotina), e em vãos altos apresentam geralmente uma bandeira.



Figura 63 – Diversos tipos de fachadas com aberturas.

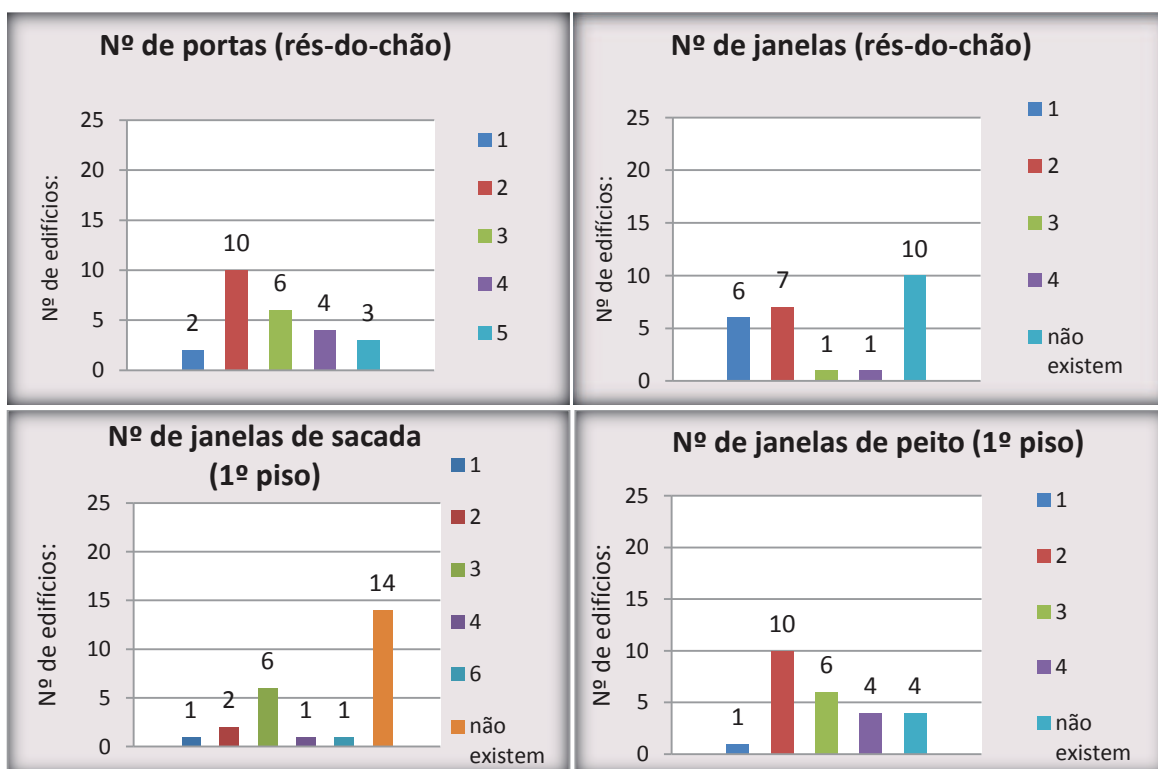


Figura 64 – Nº de portas e janelas no rés-do-chão e no 1º piso.

Constituição dos revestimentos das fachadas

Através de uma observação direta ao edificado, conforme se demonstra nas Figuras 65 e 66, verifica-se que as fachadas são essencialmente rebocadas, com

argamassas de cal ou tradicionais, e pintadas a tinta de cal ou acrílica. Apresentam cantarias nas molduras dos vãos, e nas sacadas ou varandas, e em alguns edifícios de melhor qualidade cantarias também em socos, frisos, cornijas, cunhais, ou pilastras. Ao nível do rés-do-chão, observaram-se também dois edifícios revestidos a azulejo em toda a sua superfície. Por vezes os elementos de cantaria prolongam-se verticalmente entre vãos de janelas, recebendo o nome de janelas de avental.

O acrescento posterior de pisos, mansardas e águas furtadas, geralmente, recuado em relação à fachada, construtivamente mais pobre, reflete-se nas molduras dos vãos, substituindo-se a pedra por madeira.

Foram ainda observados 2 casos de revestimento exterior da parede com chapa canalada de zinco, ao nível de um último andar recuado, e um caso de chapa perfilada de alumínio no último andar. O revestimento a chapa metálica é também de utilização típica no recobrimento das paredes das mansardas, esta situação foi observada em 3 edifícios.

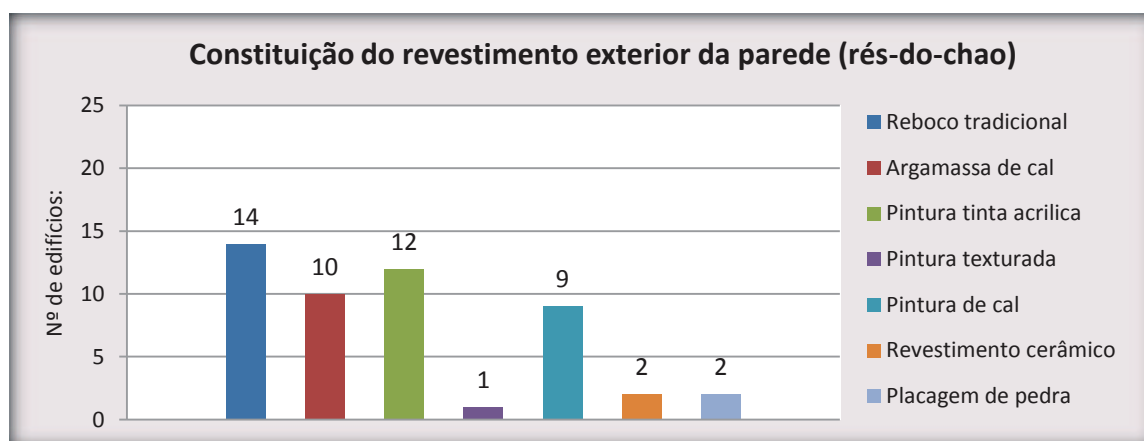


Figura 65 – Constituição do revestimento exterior da parede no rés-do-chão.



Figura 66 – Constituição do revestimento exterior da parede nos pisos.

Nas figuras 67 e 68 podem ser observados diversos tipos de revestimentos exteriores das fachadas da Rua e a predominância das cores claras geralmente o branco e amarelo, como demonstram igualmente os gráficos representados nas Figuras 69 e 70.



Figura 67 – Imagens de diversos tipos de revestimentos exteriores de fachada.



Figura 68 – Imagens de revestimentos da fachada em chapa metálica ao nível do último piso.

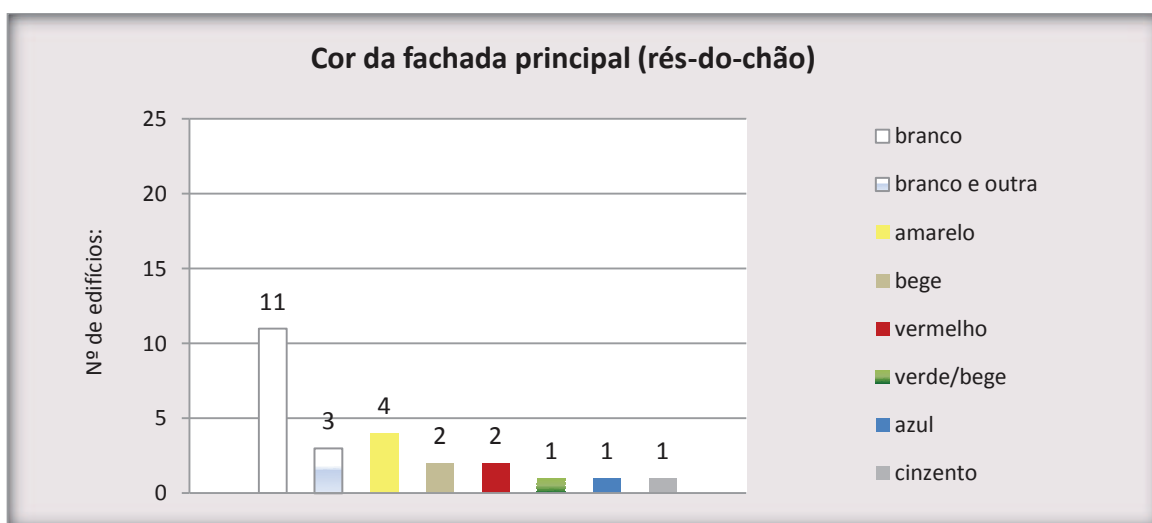


Figura 69 – Cores dos revestimentos do rés-do-chão da fachada.

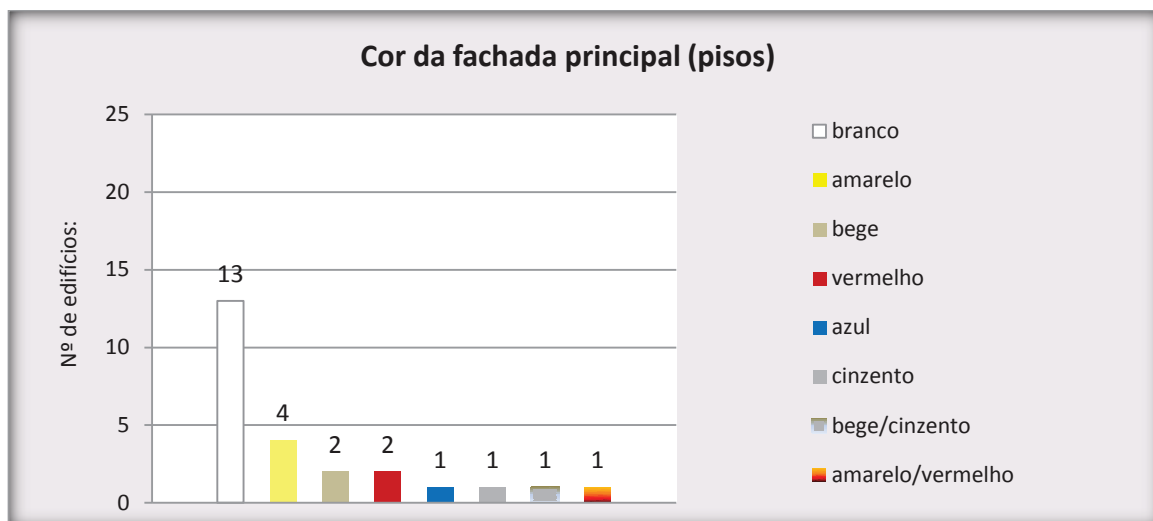


Figura 70 – Cores dos revestimentos dos pisos da fachada.

Os guarnecimentos dos vãos são caracteristicamente em pedra muitas vezes pintados na cor de pedra ou bege do tipo caiação (Figura 71).

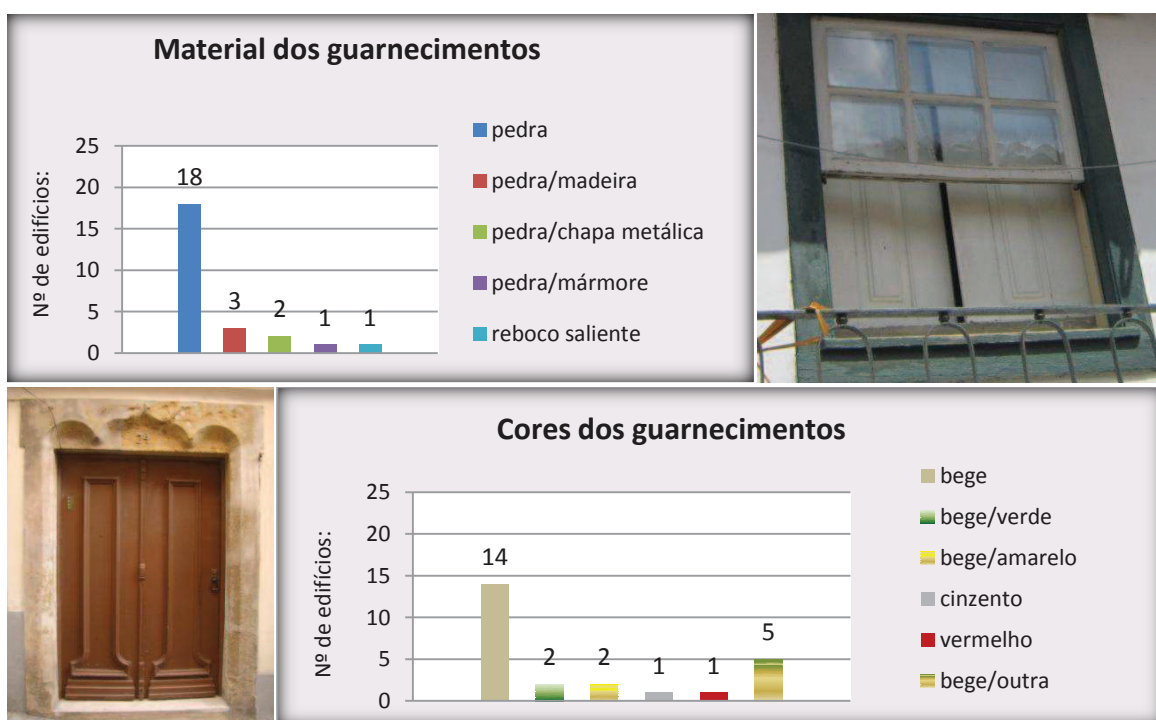


Figura 71 – Material dos guarnecimentos, exemplos e cores empregues.

Registo de anomalias na fachada principal

Apenas um edifício não tem o registo das anomalias, sendo que alguns exemplos daquelas identificadas encontram-se na Figura 72.

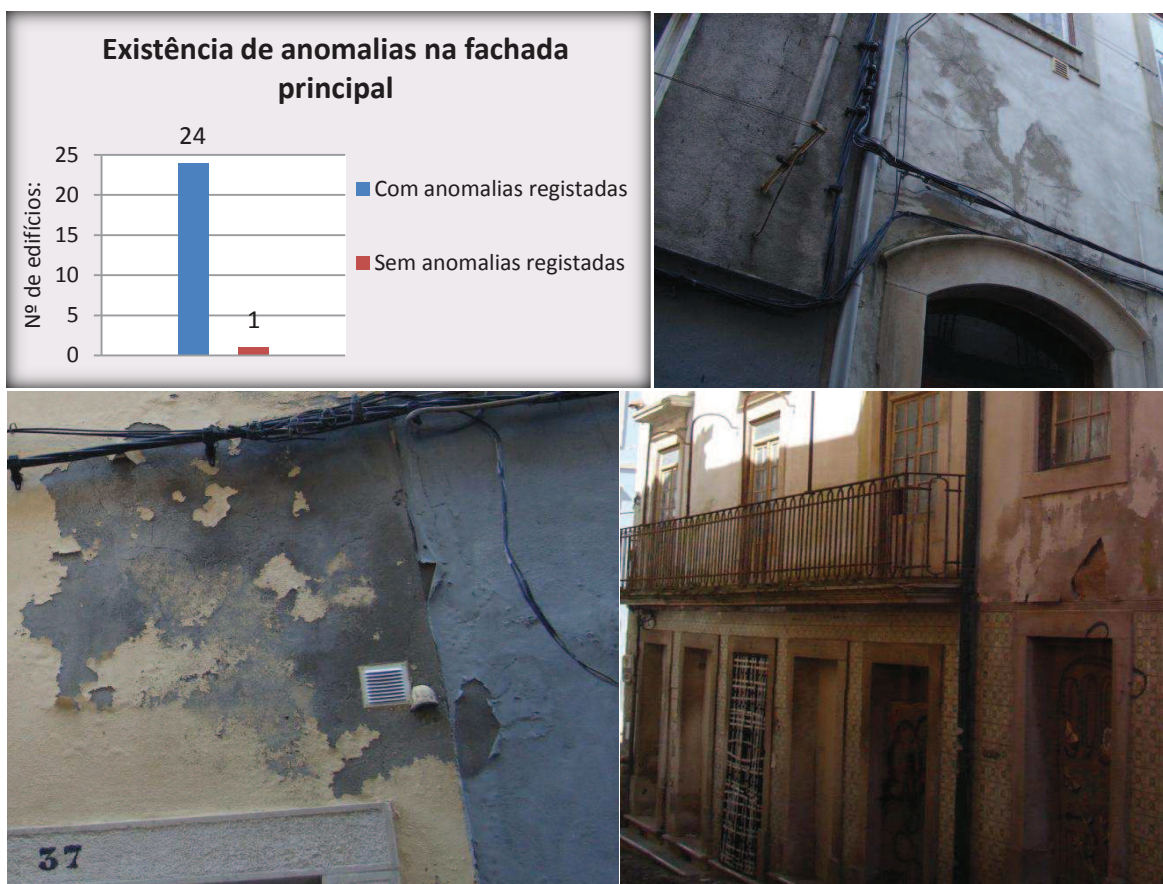


Figura 72 – Existência de anomalias na fachada principal e exemplos.

As anomalias nas pinturas são as mais registadas, em 20 edifícios, sendo que em muitos casos foram verificadas de forma pontual ao longo da fachada, observando-se a tinta descascada ou empolada (Figura 73).

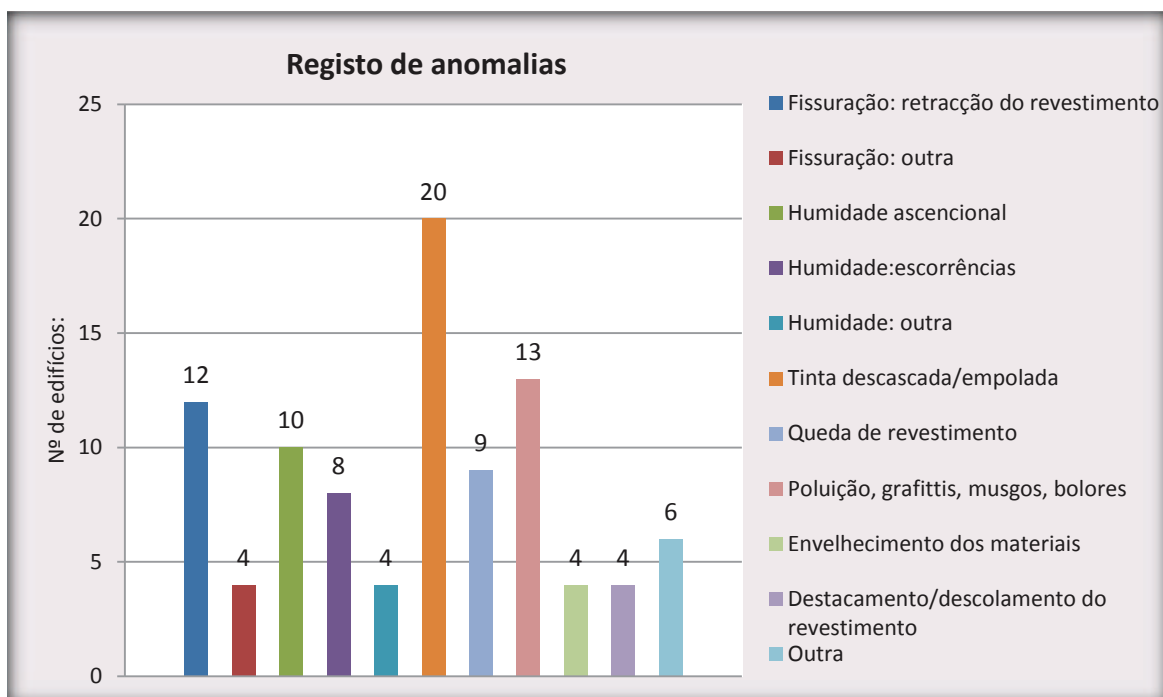


Figura 73 – Registo de anomalias na fachada principal.

Os problemas com poluição, grafitis e musgos estão presentes em 13 edifícios, problemas de queda do revestimento, em 9, e os de destacamento ou descolagem do revestimento em 4. Os fenómenos de humidade, sendo esta, ascensional, escorrências e outras são visíveis em respetivamente 10, 8 e 4 edifícios. A fissuração devido à retração do revestimento e por outros fenómenos são anomalias de 12 e 4 edifícios.

3.5.2. Pavimentos / Coberturas

3.5.2.1. Pavimentos

Identificação da envolvente em contacto com o exterior

Pavimentos térreos:

O pavimento térreo é um elemento construtivo que pelo facto de estar em contacto com o terreno torna-se suscetível à presença de humidades. Para resolver o problema, promovia-se o arejamento deste piso, ao nível inferior rasgava-se na fachada, uma pequena abertura protegida com uma grade em metal, que servia de respirador (Figura 74). Esta solução típica do Séc. XVII manteve-se durante séculos, e pode ser visualizada em 3 edifícios da rua [GCH, s.d].

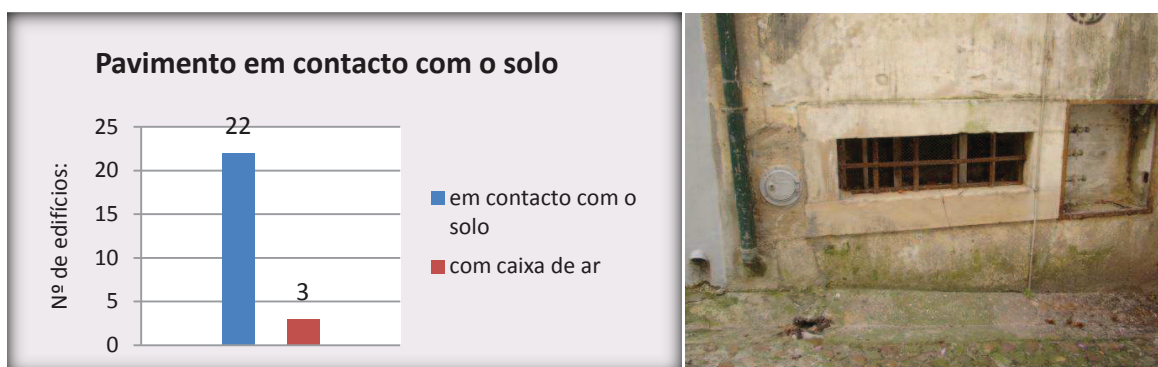


Figura 74 – N.º de edifícios com pavimento em contacto com o solo; Pavimento com caixa-de-ar.

Pavimentos elevados:

Os pavimentos elevados em contacto com o exterior são raros no edificado da rua, só se registaram dois casos. O exemplo da Figura 75 apresenta um dos casos, este localiza-se sobre o acesso a um logradouro exterior. O revestimento exterior é em forro de madeira.

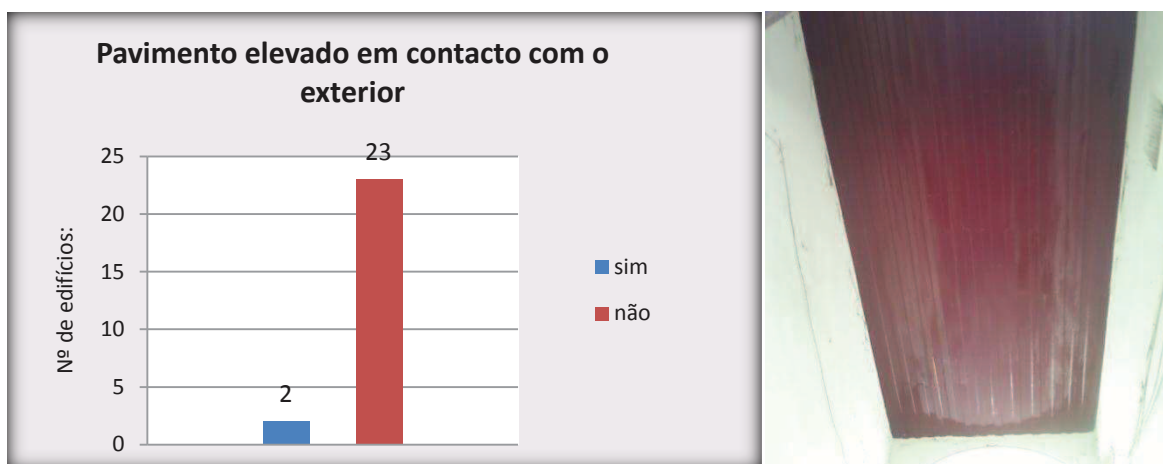


Figura 75 – Pavimento elevado em contacto com o exterior.

3.5.2.2. Coberturas

Em relação ao tipo de geometria das coberturas, os dados demonstram que na totalidade dos edifícios, estas assumem uma forma inclinada variando, porém, em número de águas e complexidade, com algumas possuindo mansardas (Figura 76 e 77). A mais expressiva é a cobertura simples de 2 águas, encontrada em 15 edifícios. Encontraram-se 5 casos de telhados de uma água e alguns casos minoritários que representam coberturas de 3 águas (3 edifícios), de 4 águas (2 edifícios), e ainda um telhado com tipo geometria complexa de cobertura de mansardas.

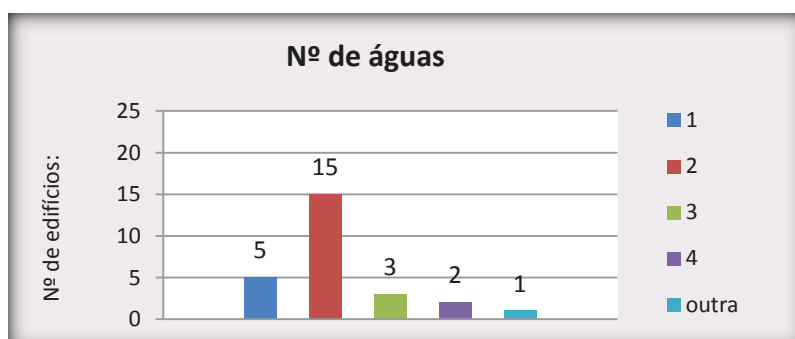


Figura 76 – Tipo de geometria da cobertura e nº de águas.



Figura 77 – Imagens de coberturas da rua Fernandes Tomás.

Constituição dos revestimentos das coberturas

O revestimento dos telhados é vulgarmente em telha cerâmica vermelha, registando-se alguns casos em que coexistem com a telha outros revestimentos em chapa metálica de cor cinzenta, observando-se também alguns casos de vários tipos de telha na mesma cobertura. Dos vários tipos de telhas aplicados, a telha canudo é a de maior prevalência, tendo sido observada em 19 edifícios, a telha lusa e a telha marselha foram visualizadas respetivamente em 7 e 3 coberturas (Figura 78).

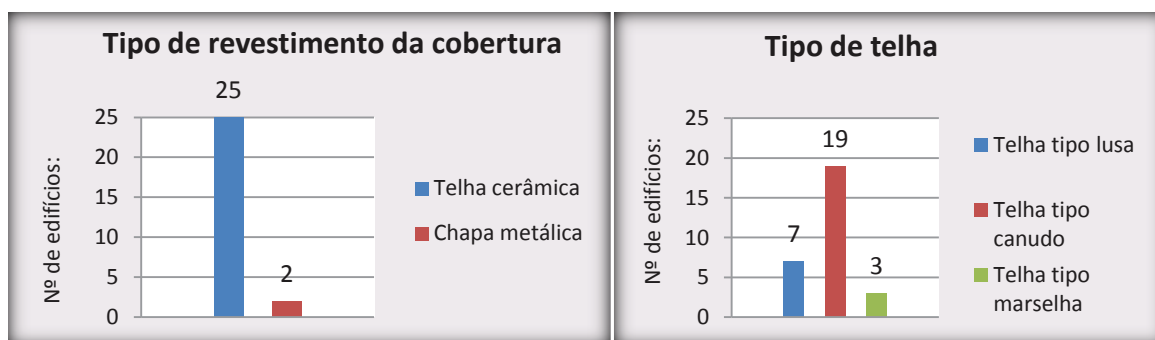


Figura 78 – Tipos de revestimento da cobertura e tipos de telha aplicados.

A tonalidade da cor dos revestimentos é média, com apenas 3 casos de tons claros e um caso de tons escuros (Figura 79).

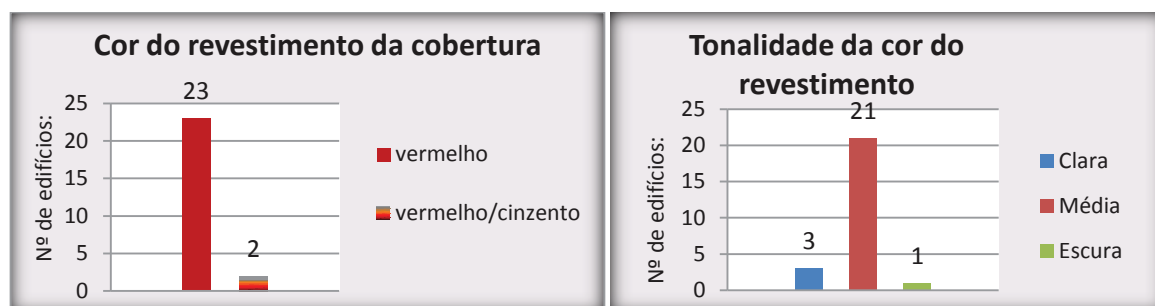


Figura 79 – Cor do revestimento e tonalidade do revestimento.

Os beirais são elementos característicos das coberturas inclinadas, em alguns casos denunciam os acrescentos posteriores de pisos aos edifícios. O beiral consiste no prolongamento da vertente da cobertura em alguns casos e noutros apresenta-se com uma quebra de inclinação (contrafeito), obtida por vezes através de um elemento de madeira (ponta de vara) que é pregado a um frechal sobre a parede ou, devido à existência de um algeroz de recolha de água pluvial. Foram registados 23 edifícios com beirais.

A recolha das águas pluviais na cobertura é efetuada através de caleira em 20 edifícios, quase sempre exterior, nos restantes 5 edifícios existem algerozes.

Os vãos de mansarda permitem a ventilação e o aproveitamento da radiação solar para aquecimento e iluminação, permitindo a habitabilidade dos espaços sob a cobertura. Estes elementos foram visualizados em 9 coberturas.

Na Figura 80 apresentam-se os resultados do levantamento sobre os elementos da cobertura anteriormente referidos.

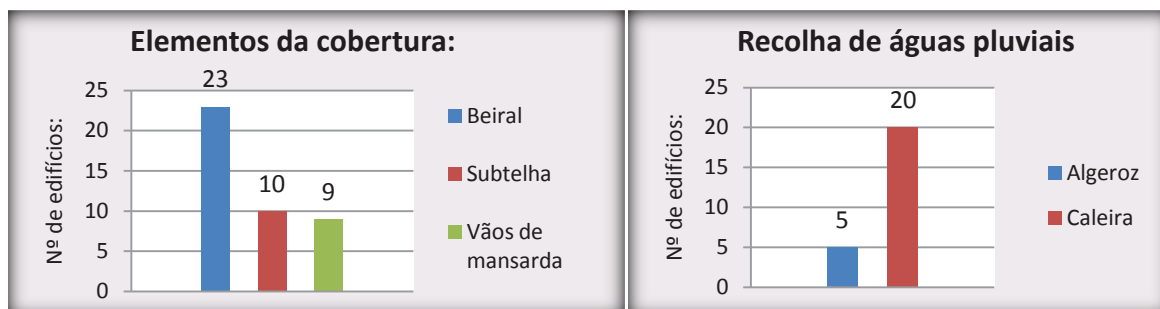


Figura 80 – Elementos da cobertura e sistemas de recolha de águas pluviais.

Registou-se a existência de subtelha em 10 edifícios, e de isolamento térmico sob o revestimento da cobertura em 9 edifícios. Destes dados 9 são em resultado de intervenções de reabilitação nas coberturas ou de reconstrução dos edifícios (Figura 81).

Reabilitação das coberturas

As reabilitações das coberturas são sempre no sentido da reparação, reforço ou substituição dos elementos estruturais, substituição e realinhamento da estrutura secundária de apoio, colocação de isolamento térmico, subtelha, ventilação e de um sistema adequado de recolha de águas, recolocação da telha existente ou substituição por telha idêntica. Muitas vezes, face ao estado avançado de degradação, a cobertura é substituída na sua totalidade.

Foram observadas 4 coberturas sem isolamento térmico, e 12 casos sem identificação. Contudo, o isolamento térmico e a ventilação dos espaços interiores têm hoje novas exigências que implicam, em regra, a adoção de técnicas e materiais modernos, obrigando a rever sistemas anteriormente aplicados (Figura 82).

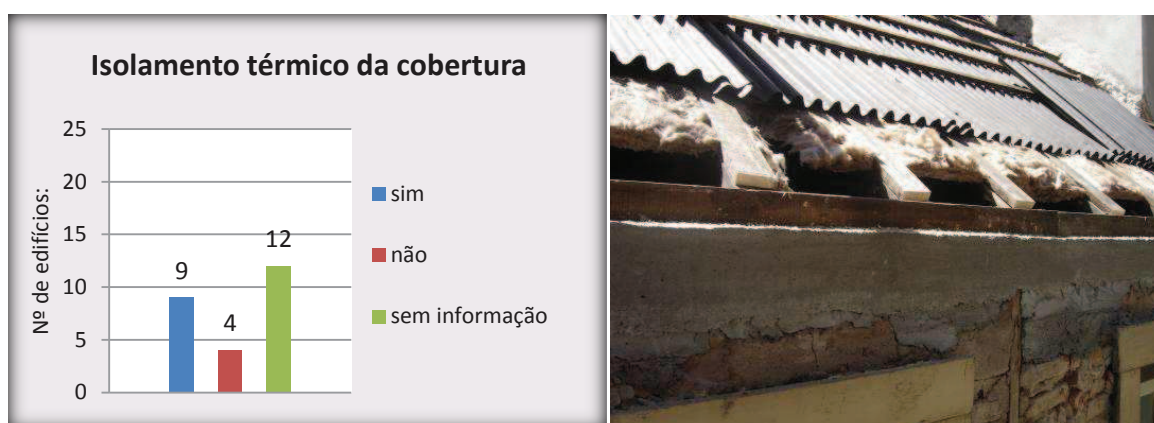
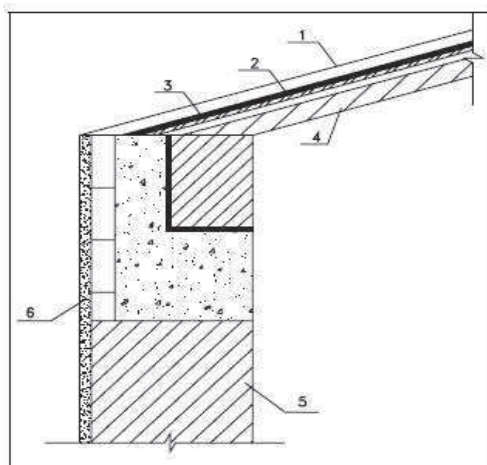


Figura 81 – Existência de isolamento na cobertura e imagem dos trabalhos de aplicação de isolamento na cobertura [GCH,2010].



- 1 - Revestimento cerâmico:
telha aba canudo
telha de ventilação "Estrela-d'alva"
beirado em telha canudo "Carriça"
- 2 - Sub-telha "Onduline"
- 3 - Isolamento térmico em lã de mineral "Knauf" (TI2012) com papel kraft
- 4 - Estrutura de suporte em madeira pinho
Acabamento pelo interior - Gesso cartonado tipo "Pladur"

Figura 82 – Esquema de cobertura com isolamento aplicada em reabilitações [GCH,2011].

Os registos das intervenções demonstram que as coberturas, em regra, têm estruturas resistentes em madeira de pinho assentes em frechais ou encastradas diretamente nas paredes de alvenaria, com soluções e características semelhantes às mencionadas nos capítulos anteriores. Nas reabilitações, muitas vezes, constrói-se uma viga de cintagem e confinamento em betão armado em todo o perímetro da cobertura, sendo posteriormente chumbado a essa viga o frechal de madeira onde se apoia a estrutura resistente, mantendo-se a solução estrutural original.

Registo de anomalias na cobertura

Da observação visual realizada sobre as coberturas em 16 casos registou-se pelo menos um tipo de anomalia (Figura 83).

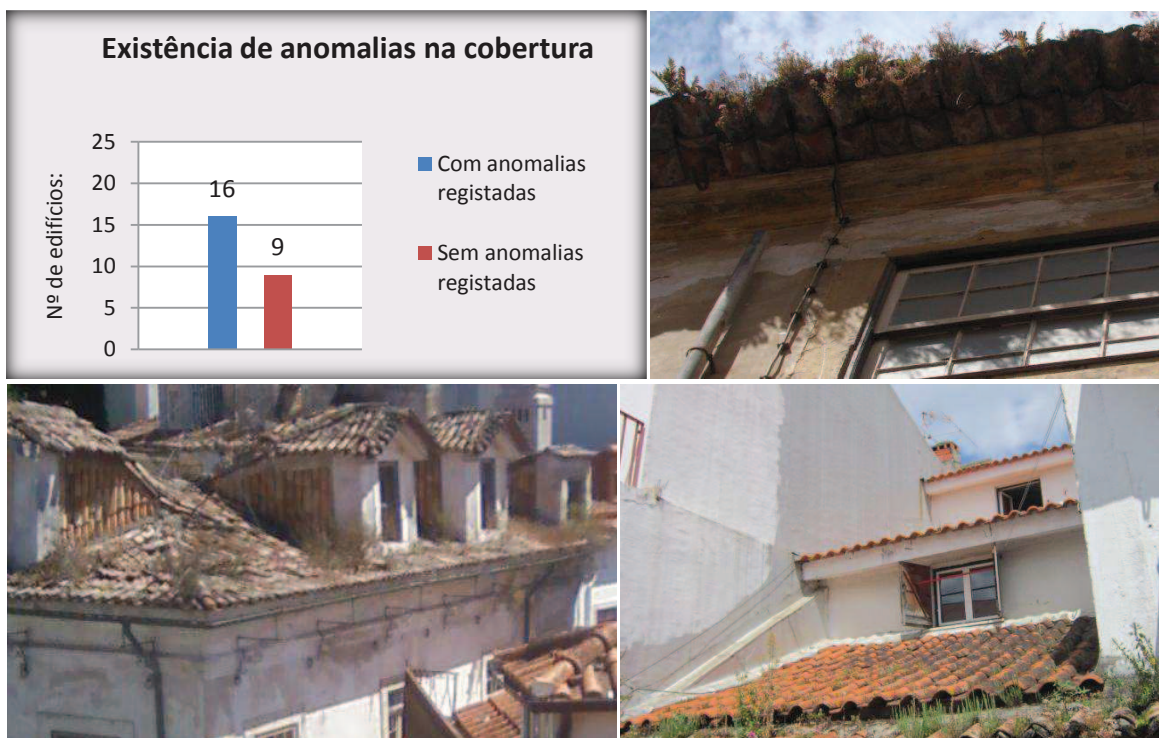


Figura 83 – Existência de anomalias na cobertura e exemplos de coberturas degradadas.

Entre as anomalias que afetam as coberturas estão as relacionadas com fatores ambientais como a humidade, nomeadamente a vegetação pioneira e os musgos e bolores que foram observados em 23 casos (Figura 84).

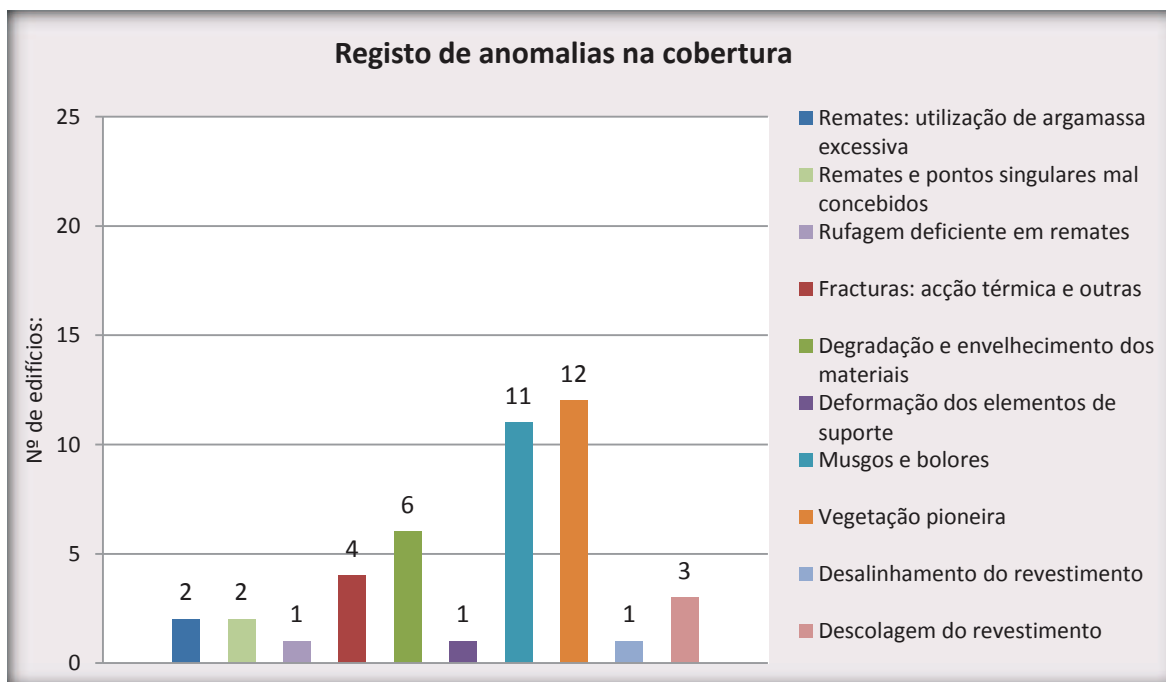


Figura 84 – Registo de anomalias na cobertura.

A degradação e envelhecimento dos materiais, e as fraturas por ação térmica e outras, são registos respetivamente de 6 e 4 coberturas.

O mau estado de conservação das coberturas resulta muitas vezes em infiltrações de água com a consequente degradação das estruturas da cobertura, dos pavimentos e das paredes. Um edifício apresenta deformação dos elementos de suporte.

A maior complexidade do telhado implica sempre mais pontos singulares e remates suscetíveis de originar anomalias. Em 5 edifícios os problemas são os remates e pontos singulares mal concebidos, a utilização de argamassa excessiva ou ainda a rufagem inexistente.

Foram ainda visualizados em 4 casos desalinhamento ou descolagem do revestimento.

3.5.3. Vãos Envidraçados exteriores

Os vãos envidraçados são elementos favoráveis às trocas de calor afetando o desempenho térmico dos edifícios. Nas fachadas, os vãos envidraçados são portas/janelas de sacada de batente e janelas peitoril, de guilhotina ou de batente.

3.5.3.1. Tipificação das soluções dos vãos envidraçados na Rua Fernandes Tomás

Localização e constituição dos vãos envidraçados

Ao nível do rés-do-chão só não existem vãos envidraçados em 3 fachadas. As caixilharias são tipicamente em madeira, observando-se apenas 4 casos de caixilharias em ferro ou alumínio. A maior parte das caixilharias, 14 casos, têm quadrícula. A Figura 85 apresenta os dados relacionados com os vãos envidraçados.

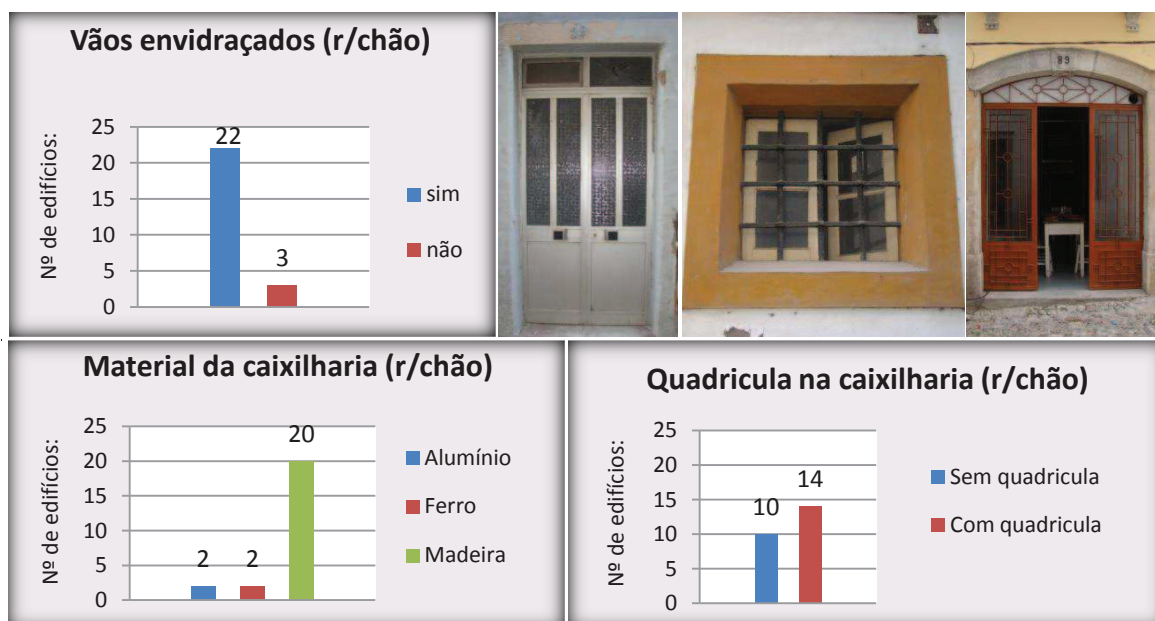


Figura 85 – Existência de vãos envidraçados, imagens de vãos envidraçados e material da caixilharia e quadrícula.

As caixilharias existentes no rés-do-chão são pintadas, e as cores são muito variadas como se observa na figura seguinte, algumas caixilharias têm duas cores. As cores mais aplicadas são o castanho, verde e o branco (Figura 86).

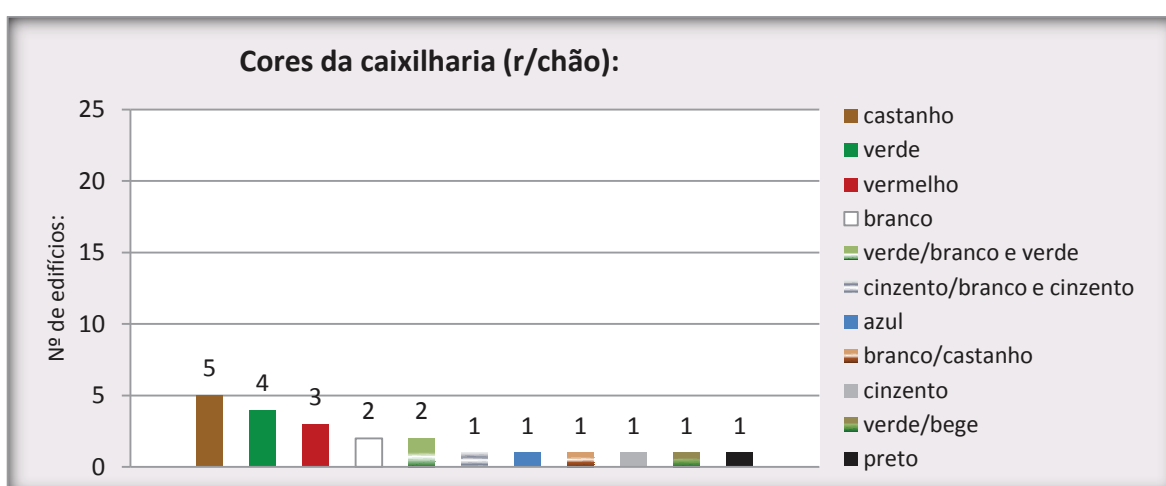


Figura 86 – Cores da caixilharia do rés-do-chão.

Ao nível dos pisos as caixilharias são tipicamente em madeira, observando-se apenas 2 casos de caixilharias em alumínio. No geral, as caixilharias são com quadrícula, à exceção de 2 edifícios (Figura 87).

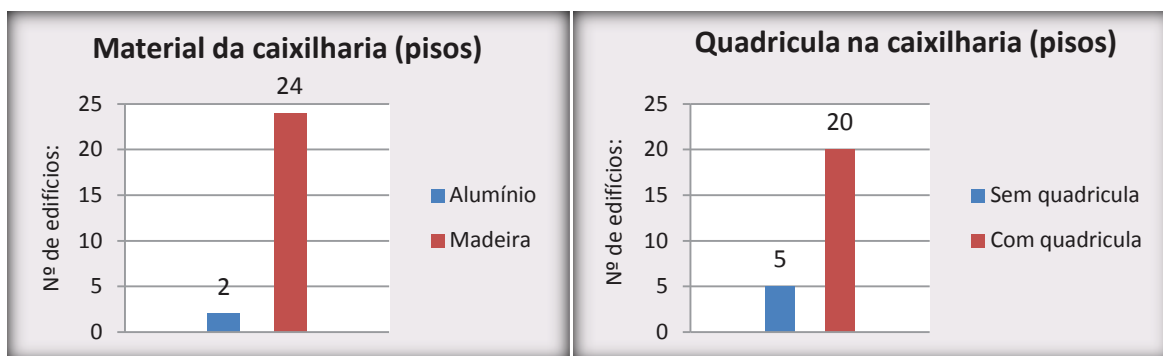


Figura 87 – Material da caixilharia dos pisos e quadrícula.

As cores da caixilharia ao nível dos pisos são variadas, como se observa na Figura 88, sendo que as mais aplicadas são o branco e o verde.

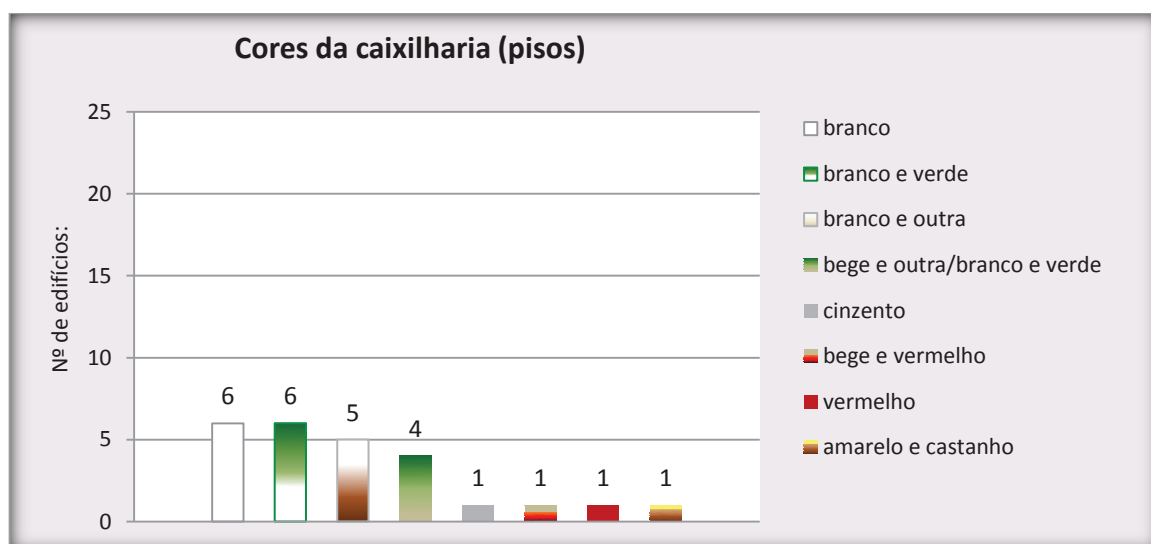


Figura 88 – Cores da caixilharia dos pisos.

Os vidros são do tipo de vidro simples, apenas se verificaram-se vidros duplos em 4 edifícios. Relativamente à cor dos vidros estes são incolores tendo-se observado num caso também a presença de vidro fosco (Figura 89).

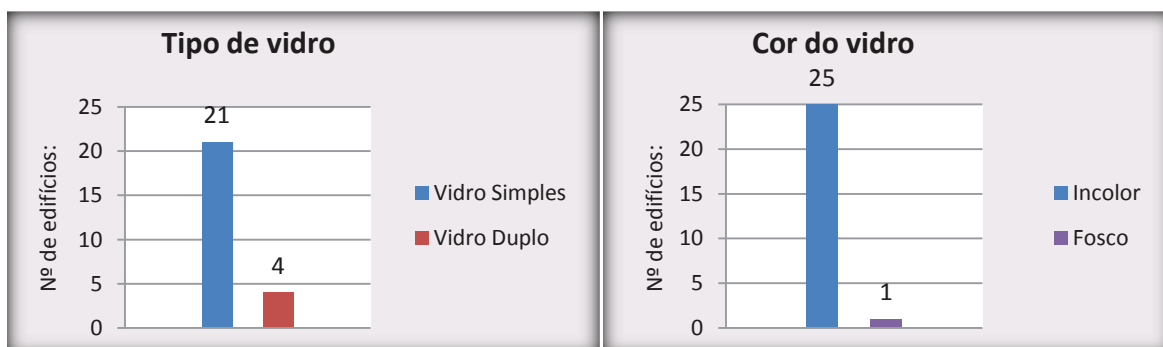


Figura 89 – Tipo de vidro e cor do vidro.

Os dispositivos de proteção solar existentes no rés-do-chão são interiores, e em 10 edifícios não existem. Observou-se um caso de portadas de madeira exteriores. Os dispositivos de proteção interior no rés-do-chão são em 11 casos portadas opacas,

observando-se poucos casos de cortinas ligeiramente transparentes e cortinas opacas (Figura 90).

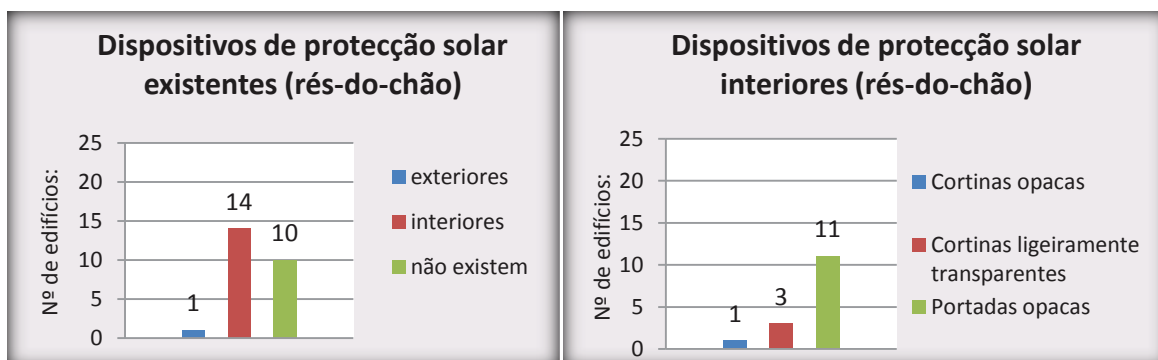


Figura 90 – Dispositivos de protecção solar existentes no rés-do-chão e tipos de dispositivos de protecção solar interiores.

A cor predominante é o branco, podendo ainda observar-se outras entre as quais a cor bege e castanho (Figura 91).

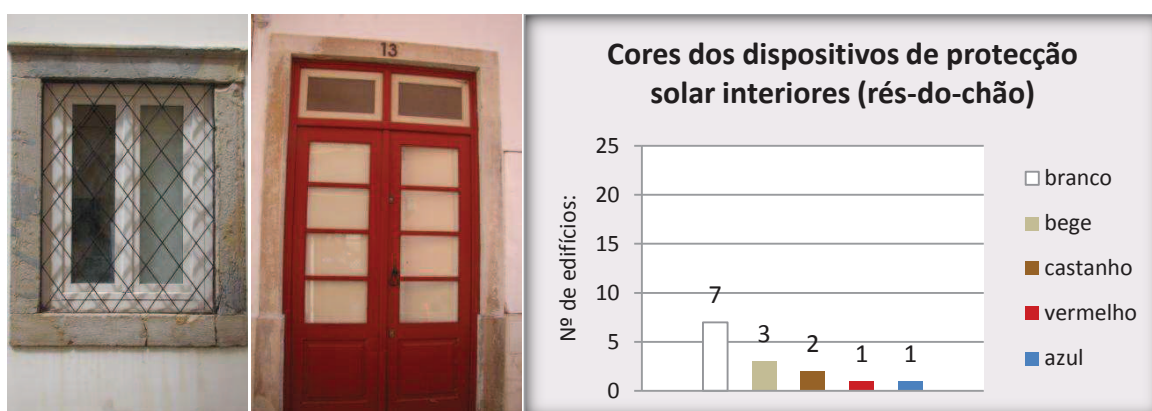


Figura 91 – Exemplos de dispositivos de protecção solar interiores no rés-do-chão e cores dos dispositivos.

Os dispositivos de protecção solar existentes nos pisos são interiores, e em 2 edifícios não existem. Observou-se um caso de persianas de réguas plásticas exteriores. Os dispositivos de protecção interior nos pisos são em 17 casos portadas opacas, observando-se 7 casos de cortinas ligeiramente transparentes, e em pouco casos cortinas opacas, cortinas transparentes e muito transparentes (Figura 92).

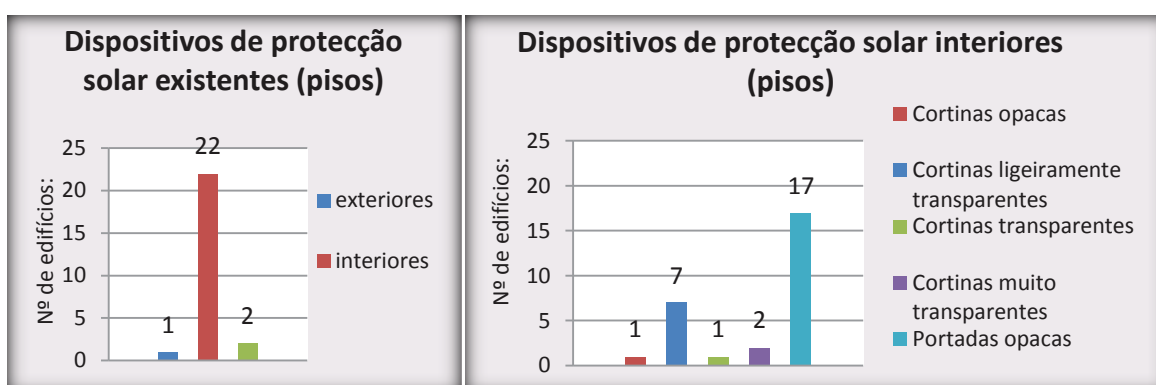


Figura 92 – Dispositivos de protecção solar existentes nos pisos e tipos de protecção solar interior.

As cores dos dispositivos de proteção são quase sempre de cor clara com preferência para a cor branca (Figura 93).

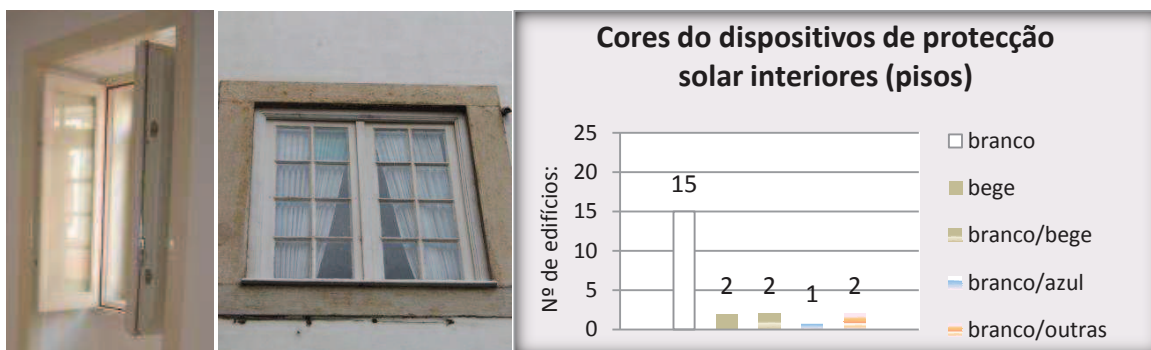


Figura 93 – Exemplos de dispositivos de proteção solar interior nos pisos e cores dos dispositivos.

Os vãos envidraçados estão na sua maioria implantados junto à face exterior da parede (Figura 94).

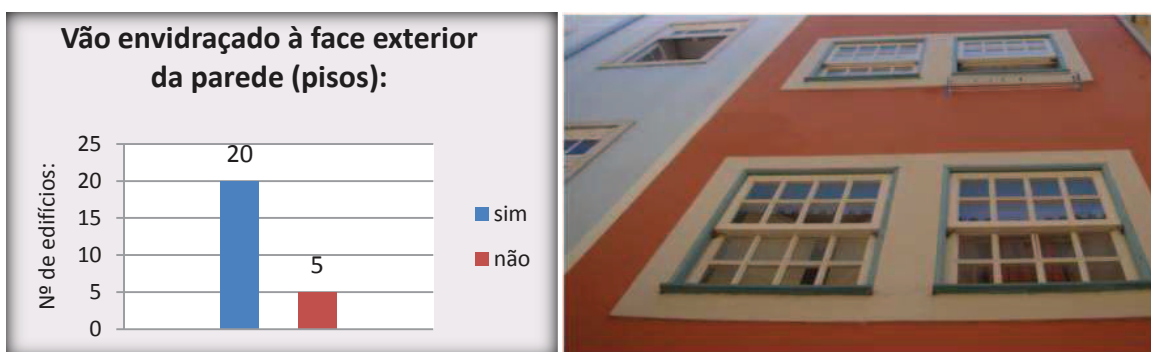


Figura 94 – Implantação do vão na parede dos pisos e exemplos de janelas junto à face exterior.

Reabilitação dos vãos envidraçados

As ações de reabilitação realizadas nos vãos, no âmbito da recuperação de fachadas, são de restituir a estas as suas caixilharias originais eliminando os elementos dissonantes ou substituindo os que se encontram deteriorados. A melhoria do desempenho térmico e acústico é também um objetivo, verificando-se a adoção de medidas como a introdução de janelas duplas, vidros duplos ou de portadas interiores (Figura 95).



Figura 95 – Reabilitação de vãos envidraçados: eliminação de caixas de estore e exemplos de aplicação de 2º caixilho e de vidros duplos com substituição de caixilho.

Registo de anomalias nos envidraçados

Os vãos envidraçados, mesmo entre aqueles que foram objeto de uma intervenção recente, apresentam algum nível de degradação, como se demonstra na Figura 96, sendo que são vinte os casos em que se observou alguma anomalia. Há muitos fatores que influenciam este registo, tais como um projeto mal elaborado ou mal executado, a exposição aos agentes atmosféricos, o vandalismo, ou a falta de manutenção. No caso das caixilharias em madeira contribuem ainda o ataque por insetos xilófagos, sendo a humidade o principal fator a contribuir para a degradação e o apodrecimento destas. As perdas de secção, lacunas, empenos, deformações excessivas dos elementos da caixilharia e fraturas dos vidros comprometem a eficiência energética dos envidraçados e a sua resistência e estanquidade aos elementos.

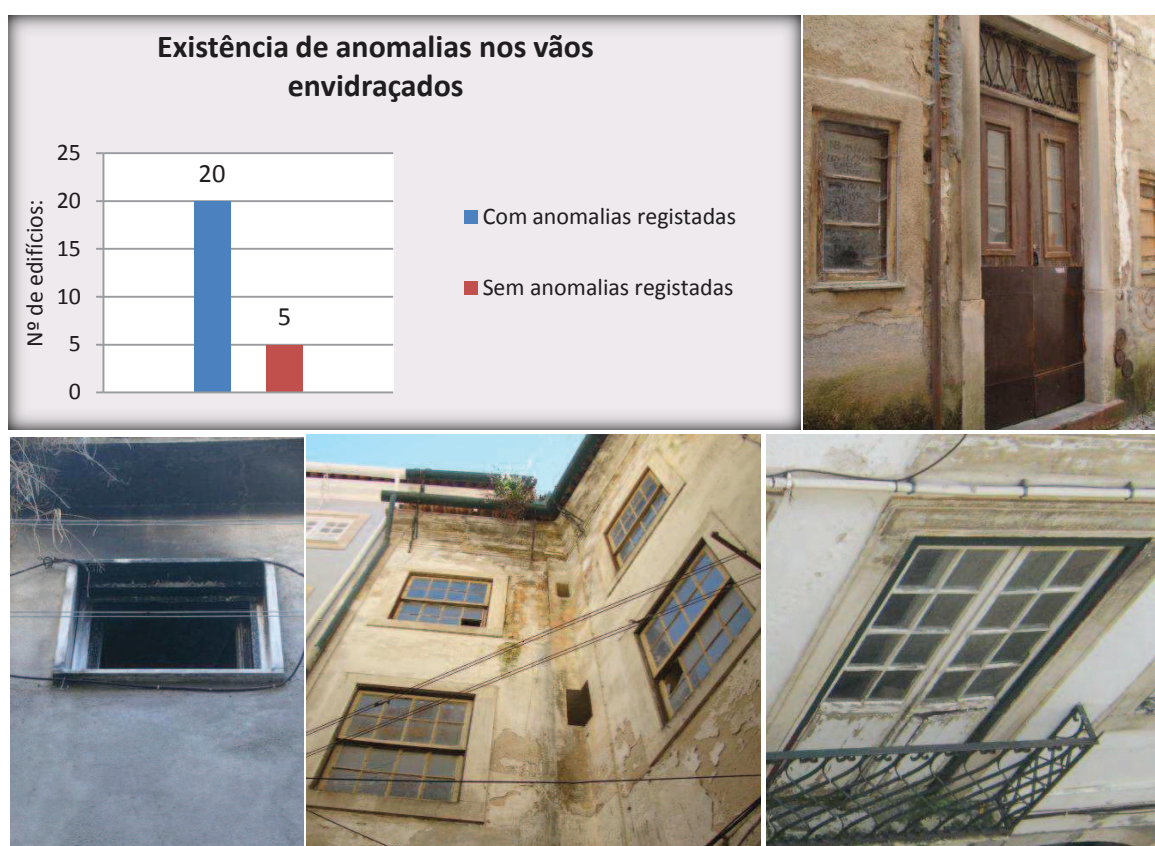


Figura 96 – Existência de anomalias nos vãos envidraçados e imagens de vãos com anomalias.

A Figura 97 mostra os vários tipos de anomalias nos envidraçados dos edifícios da Rua, são 7 os casos em que se registou elevada permeabilidade ao ar, e a de perda de estanquidade à água registados foi observada em 4 edifícios. A falta de uma manutenção periódica é perceptível também através de 9 casos de degradação superficial da madeira, 7 casos de diferenças de cor nos seus elementos, 4 casos de oxidação de acessórios, entre outros.

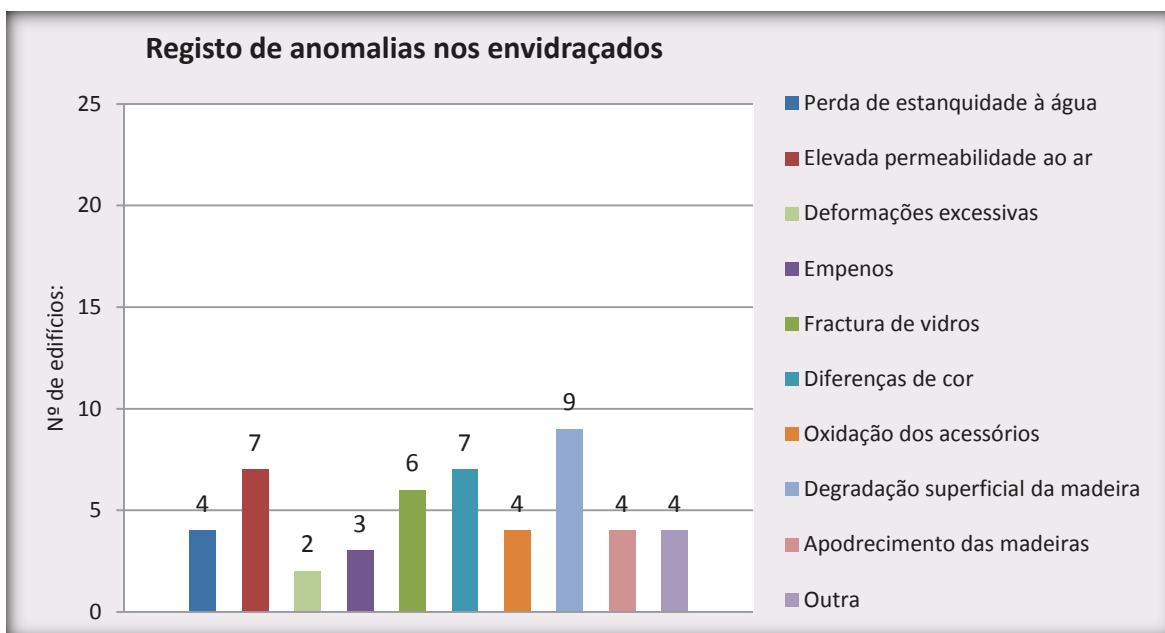


Figura 97 – Registo de anomalias nos vãos envidraçados.

As deficiências de projeto estão bem patentes na maioria dos edifícios onde se observam 11 casos de peitoris com inclinação insuficiente, e a falta de elementos fundamentais como a pingadeira, em 18 casos (Figura 98).

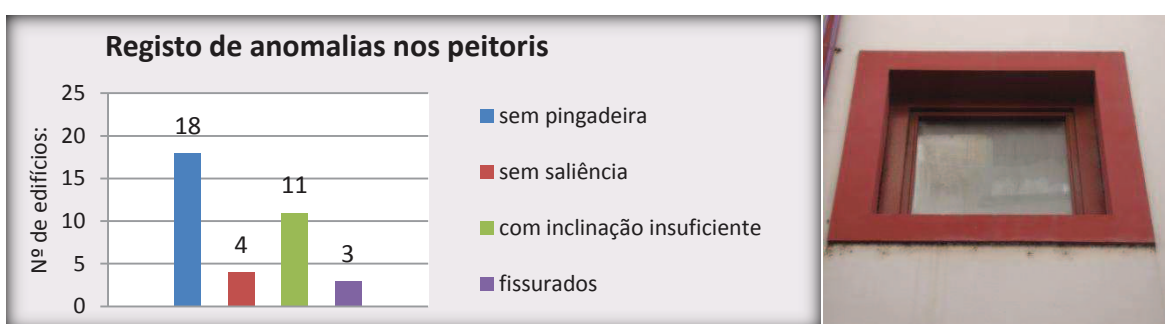


Figura 98 – Registo de anomalias nos peitoris e imagem de um vão com deficiências no peitoril.

3.6 Conclusões

O estudo realizado sobre as características do edificado antigo, brevemente apresentado nos capítulos anteriores, demonstra primeiramente o papel e a influência da avaliação destes edifícios, especialmente no contexto de reabilitação dos centros antigos das cidades, bem como a importância de preparar os instrumentos de avaliação adequados e os técnicos envolvidos para a obtenção de resultados relevantes da realidade construída.

No âmbito da avaliação do desempenho térmico, criou-se uma ferramenta que permite realizar o levantamento, o registo e a análise das características do edificado da Rua Fernandes Tomás considerando todos os seus edifícios.

As fichas de inspeção que foram criadas para a fase de levantamento contemplaram duas situações distintas: a primeira, em que a análise, mais exaustiva,

é feita por meio da observação exterior e de visitas interiores; e a segunda, devido à impossibilidade de acesso ao interior, em que a análise baseia-se apenas em observação exterior (apoiada por pesquisas e registros fotográficos).

Os resultados obtidos com base preponderante na segunda situação permitiram a caracterização da área urbana e a tipificação das soluções construtivas da envolvente exterior dos edifícios, necessária à fase seguinte de análise do seu desempenho térmico, designadamente sobre os seguintes aspetos:

- Os edifícios em banda na sua maioria com 3 a 4 pisos, erguidos sobre o relevo acidentado da encosta da zona antiga com edifícios adjacentes e frontais de altura iguais ou superiores, e a rua de largura média de 3 a 3,5m delineada por fachadas alinhadas de orientação a este e oeste, conferem um forte sombreamento das fachadas da rua;
- A utilização dos espaços divide-se em habitação e comércio ao nível do rés-do-chão coexistindo em muitos casos os dois, sendo os restantes pisos por norma destinados a habitação;
- Em geral, os sistemas e materiais construtivos são os característicos dos centros antigos e em particular da zona antiga de Coimbra, predominando as estruturas resistentes em alvenaria de pedra com pavimentos e cobertura exterior em madeira. Os elementos verticais exteriores têm função resistentes e são constituídos por paredes em pedra irregular argamassada com areia e cal. Observou-se a existência de frontais nas paredes meeiras e laterais;
- Os revestimentos predominantes são, nas paredes exteriores, o reboco tradicional e a argamassa de cal pintados ou caiados, regra geral, nas cores branca e amarelo, e na cobertura a telha cerâmica de cor vermelho médio;
- Os elementos construtivos originais não possuem qualquer isolamento térmico, verificando-se a aplicação de isolamento térmico nas coberturas aquando da sua reabilitação;
- Os vãos envidraçados existem em quase todos os pisos, e são constituídos maioritariamente por caixilharia de madeira, vidro simples incolor e portadas de madeira interiores. Observou-se em elementos sujeitos a ações de reabilitação a aplicação de vidros duplos ou de um segundo caixilho.

Os resultados revelam a existência de um edificado a reabilitar pouco eficiente, sem conforto e insalubre, devido à inexistência de condições de habitabilidade e à ausência de exigências de conforto, consideradas no presente como fundamentais. Estas condições são agravadas por anomalias resultantes da ação do tempo, da falta de manutenção, de sucessivas intervenções menos cuidadas e, em alguns casos, devido ao seu completo abandono.

Cap.4. Caracterização do desempenho térmico de soluções existentes e de intervenção

4.1. Metodologia do trabalho

Neste capítulo pretende-se caracterizar o desempenho térmico da envolvente exterior dos edifícios de habitação existentes nos centros antigos, bem como das soluções de reabilitação energética a aplicar com vista à melhoria das condições iniciais.

Para aplicação das medidas de intervenção foram escolhidos como casos de estudo dois edifícios da Rua Fernandes Tomás. Ambos os edifícios foram alvo de ações de recuperação executadas pelo Gabinete para o Centro Histórico da Câmara Municipal de Coimbra, e cujos projetos de arquitetura foram cedidos por esta entidade, estes incluem as peças desenhadas do levantamento do existente e as fichas técnicas das obras de recuperação dos imóveis.

Na primeira parte deste capítulo, após uma breve caracterização dos casos de estudos com base em levantamentos fotográficos e visuais, e nos arquivos disponibilizados pelo GCH, é feita a análise do desempenho energético das soluções da envolvente exterior através da aplicação do Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação, atualmente em vigor, abreviadamente designado como REH. A aplicação do REH foi efetuada, para os edifícios antes das intervenções realizadas pelo GCH e para os edifícios com as medidas de intervenção propostas durante a elaboração deste trabalho, e incluem o cálculo das classes energéticas antes e pós-reabilitação (para cada variante e para a implementação do conjunto de soluções).

O estudo térmico dos casos de estudos foi realizado com base em elementos do trabalho académico de aplicação do REH¹.

Na segunda parte deste capítulo, após identificar quais os fatores que influenciam negativamente o comportamento energético da envolvente do edifício, e determinar quais os elementos em que é necessário intervir, são propostas soluções de reabilitação adequadas e compatíveis com os edifícios existentes com o objetivo de melhorar o seu comportamento térmico, e sobre as quais é realizada nova aplicação do REH.

Nas intervenções propostas no decorrer deste trabalho são também contempladas algumas das alterações efetuadas pela câmara.

A análise dos edifícios com o REH, antes da intervenção e após implementação das soluções de melhoria, é feita observando as variações que ocorrem, no edifício existente com as medidas de reabilitação implementadas, ao nível dos parâmetros

¹ Desenvolvido no âmbito da Unidade Curricular de Reabilitação Energética, lecionada pela Professora Doutora Ana Ramos, integrada no curso de 2.º ciclo de mestrado em Construção Sustentável, da Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco, e realizado pelas alunas Andreia Matos, Maria Eduarda Daniel, Margarida Conceição e Marisa Pombo, que forneceram os dados que contribuíram para o desenvolvimento desta parte da tese.

térmicos que o REH permite quantificar, como os ganhos e as perdas pela envolvente, as necessidades energéticas quer de aquecimento (N_{ic}) e de arrefecimento (N_{vc}), quer de ventilação para garantia da qualidade do ar interior, comparando estes, nomeadamente os valores dos coeficientes de transmissão térmica superficial (U) das soluções existentes e após a reabilitação, e com os valores máximos e de referência definidos no REH, permitindo este método avaliar-se as melhorias no desempenho térmico.

A determinação destas e doutras variáveis, necessárias para a análise energética, são efetuadas segundo o estipulado no REH, com o apoio das ferramentas informáticas desenvolvidas para o efeito pelo ITECons e pelo LNEC, e nos documentos técnicos do LNEC sobre as características físicas dos materiais e soluções construtivas, nomeadamente o ITE50 - Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente [Santos & Matias, 2007].

No final do capítulo apresentam-se os resultados da aplicação da ferramenta de análise dinâmica *EnergyPlus* do programa informático *DesignBuilder*, que permite o estudo energético e a simulação de perdas térmicas assim como calcular as necessidades de aquecimento e arrefecimento para manter o nível conforto interior. Este método foi aplicado apenas ao edifício com os números de polícia 13 a 15.

4.2. Caracterização dos casos de estudo

Os casos de estudo sobre os quais se procede à análise energética são dois edifícios existentes, implantados em banda da referida rua com os n.ºs de polícia 13 a 15 e 31 a 33, com as fachadas principais orientadas a oeste. Estes serão doravante designados por edifício 1 e 2, respetivamente.

A Figura 99 identifica os casos de estudo e apresenta a sua localização.



Figura 99 – Identificação e localização dos edifícios.

Os dois edifícios são constituídos por 4 pisos mais sótão em desvão útil, e apresentam uma ocupação típica dos imóveis desta rua, com o piso térreo dividido em entrada para a área habitacional e espaço independente destinado a comércio, sendo os demais pisos de habitação.

Os edifícios foram construídos com paredes resistentes em alvenaria de pedra, pavimentos dos pisos em madeira e cobertura constituída de vigas de madeira, e mantêm a estrutura resistente original de pedra e madeira, sem quaisquer intervenções de reforço ou reabilitação. No entanto, segundo os documentos consultados existe uma referência relativamente à ampliação de dois pisos realizada na segunda metade do séc. XX no edifício 1 - n.ºs 13 a 15.

Nas figuras 100, 101, 102 e 103 podem observar-se as peças desenhadas em formato AutoCad (sem escala), assim como fotografias dos edifícios, nas suas condições iniciais antes da reabilitação.

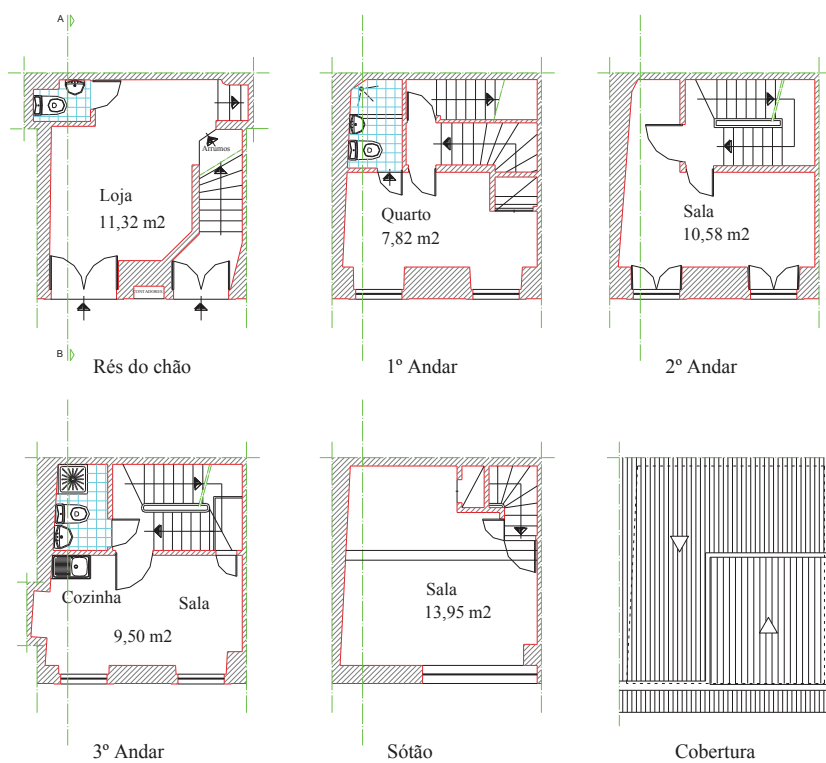


Figura 100 – Plantas dos pisos do edifício 1 - n.ºs 13 a 15.



Figura 101 – Alçado principal, corte e fotografias do edifício 1 - n.ºs 13 a 15 [GHC, 2012].

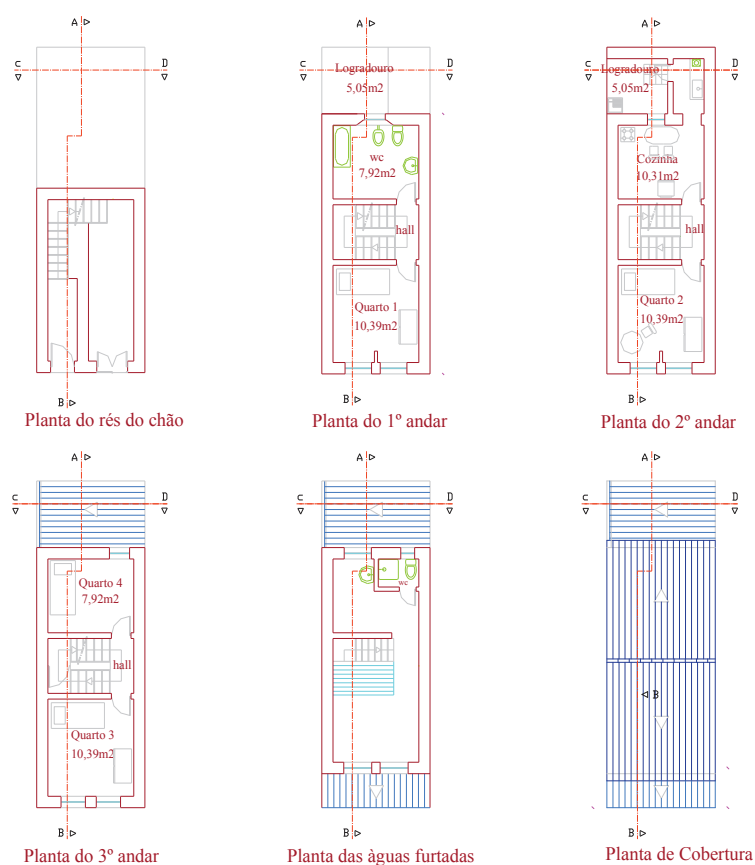


Figura 102 – Plantas dos pisos do edifício 2 - nºs 31 a 33.

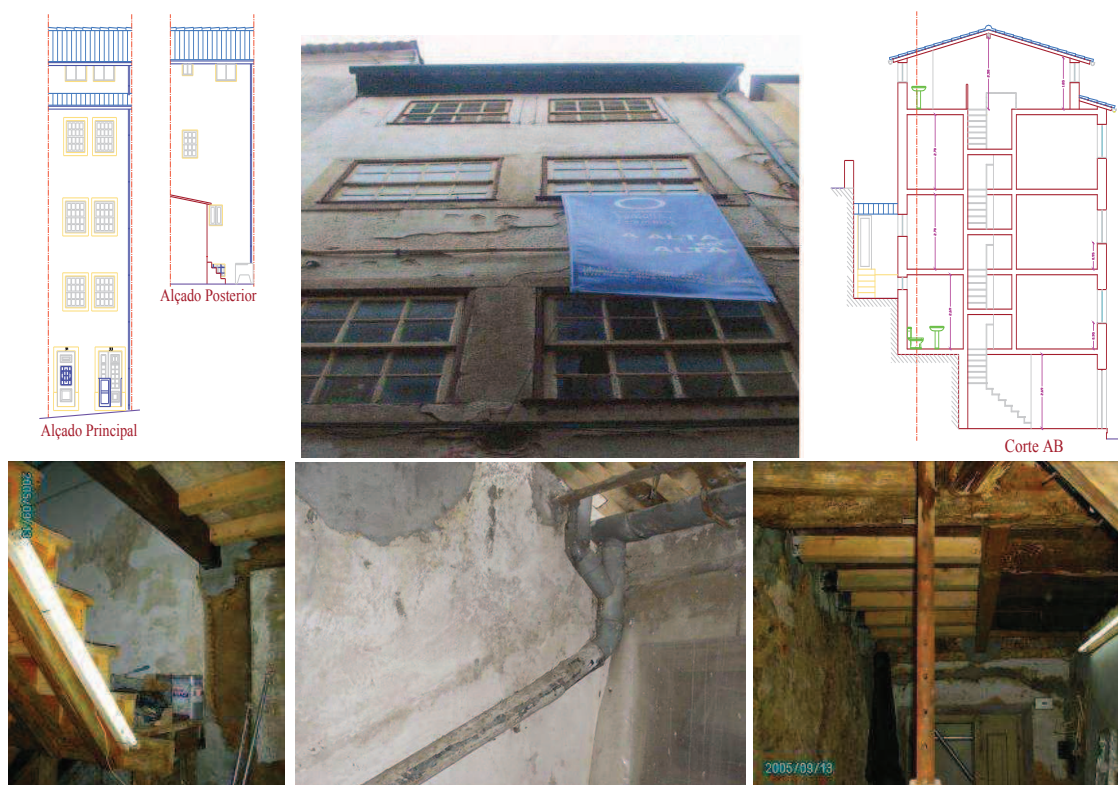


Figura 103 – Alçados principal e posterior, corte e fotografias do edifício 2 - nºs 31 a 33 [GHC, 2005].

O estado de degradação dos edifícios, antes da reabilitação, é perceptível através do apodrecimento de elementos de madeira, devido ao ataque de fungos e humidade, afetando as estruturas de algumas escadas, pavimentos e coberturas que revelam desgaste e fragilidade.

Nos Anexos A.3.2 e A.3.4 apresentam-se as fichas dos edifícios, pós-reabilitação, criadas com base nos levantamentos visuais e nos dados facultados pelo GCH no decorrer deste trabalho.

A análise energética dos edifícios foi feita para as soluções construtivas originais, tendo em consideração alguns pressupostos, contudo representativos da construção tradicional característica do centro urbano antigo de Coimbra, e em particular dos edifícios da rua.

Apresenta-se de seguida uma breve caracterização das soluções construtivas adotadas na análise dos edifícios, é de referir que nenhum dos elementos construtivos possui isolamento térmico:

Paredes exteriores e com edifícios adjacentes:

Paredes em pedra calcária macia, de espessuras de tosco variadas, rebocadas com argamassa de cal e areia, em ambas as faces, caiadas pelo lado exterior a cor clara.

Paredes com edifícios adjacentes:

Paredes em frontal com madeira de pinho e enchimento em barro, rebocadas de argamassa de cal e areia de ambos os lados.

Paredes de compartimentação:

Paredes em tabique com madeira de pinho e revestidas de cal e areia dos dois lados.

Teto/pavimento e escadas:

Estrutura base em madeira de pinho, composta por vigas de madeira, com pavimentos em soalho, teto em forro de tábuas de solho corrido pintadas e degraus de escadas em madeira.

Cobertura:

Edifício 1 - Cobertura em estrutura de madeira inclinada com uma água, revestida a telha cerâmica, uma mansarda revestida em chapas de zinco e de lusalite, e forro de madeira pelo interior.

Edifício 2 - Cobertura principal em estrutura de madeira inclinada com duas águas, revestida a telha cerâmica e forro em madeira pelo interior. Cobertura do anexo, no logradouro, em chapa de fibrocimento assente em estrutura metálica à vista.

Vãos envidraçados:

Edifício 1 - Vãos envidraçados de vidros simples incolores de 6 mm de espessura e caixilharia de madeira com quadrícula. Existe ainda no piso 2 e piso 3, dispositivos de proteção exterior constituídos por persianas de régua plásticas de cor clara.

Edifício 2 - Vãos envidraçados de vidros simples incolores de 6 mm de espessura e caixilharia de madeira com e sem quadrícula e dispositivos de proteção interior constituídos por portadas interiores de madeira de cor branca.

4.3. Análise energética dos edifícios existentes segundo o REH - Metodologia e opções para a aplicação

Aos casos de estudo aplicou-se o REH na íntegra com o objetivo de avaliar o comportamento dos edifícios existentes e das várias oportunidades de melhoria energética, e para se entender os constrangimentos da sua aplicação, sendo que segundo o artigo 30º, os edifícios existentes, “...*não estão sujeitos a requisitos de comportamento térmico ou de eficiência dos sistemas ...*”, e embora a “...*a avaliação energética de um edifício de habitação existente, realizada para efeitos de cumprimento do SCE ou do presente capítulo, deve seguir as metodologias de cálculo previstas para edifícios novos ...*”, “*nos casos em que não exista informação disponível que permita a aplicação integral ..., podem ser consideradas, para os elementos do cálculo onde exista tal constrangimento, as simplificações descritas em despacho a emitir pela DGEG e aplicadas as regras aí definidas para esse efeito*”. Os edifícios classificados, de valor arquitetónico ou histórico, e os localizados em zonas históricas ou de proteção, estão excluídos da aplicação do REH e do SCE, como refere o artigo 4º do Decreto-Lei 118/2013, para estes últimos “*sempre que o cumprimento de requisitos mínimos de desempenho é suscetível de alterar de forma inaceitável o seu carácter ou o seu aspeto*”.

Na análise do comportamento térmico dos casos de estudo utilizou-se a ferramenta em Excel do ITEcons, que permite o cálculo de indicadores de desempenho para as estações de aquecimento e de arrefecimento, assim como da classe energética, de acordo com as metodologias do REH, introduzindo nesta os dados e valores dos fatores que afetam o desempenho térmico dos edifícios, no que diz respeito aos ganhos e perdas energéticas tanto no Inverno como no Verão, nomeadamente a inércia térmica dos elementos construtivos e o poder isolante destes, as pontes térmicas, a dimensão e orientação dos vãos envidraçados, bem como a suas propriedades solares, a ventilação dos espaços interiores, etc...

O preenchimento da folha de cálculo “*Introdução de Dados*” permite a caracterização da zona climática, da fração autónoma, dos sistemas instalados de climatização (aquecimento e arrefecimento), ventilação, produção de águas quentes sanitárias e de eventuais fontes de produção de energia renovável, assim como a caracterização dos elementos constituintes do edifício como as envolventes exterior e interior (opaca e transparente) e em contacto com o solo, as pontes térmicas planas e lineares e os espaços não úteis.

Os parâmetros climáticos e térmicos são quantificados de acordo com as metodologias descritas no REH e respetivos despachos, a ser apresentadas nos pontos seguintes.

4.3.1. Caracterização das frações

Os edifícios estão situados no interior de uma zona urbana, a uma distância à costa superior a 5 Km, e a uma altitude de aproximadamente 60 m.

As frações autónomas em estudo correspondem às habitações unifamiliares nos prédios urbanos referidos e têm as seguintes características:

Edifício 1 - Tipologia T2, com pé-direito médio de 2,43m, área útil de pavimento de 62,85m², e área de implantação de aproximadamente 20 m².

Edifício 2 - Tipologia T4, com pé-direito médio de 2,63m, uma área útil de pavimento de 98,43 m², possui uma geometria variável de piso para piso, e uma área de implantação de aproximadamente 45 m².

As tabelas 1 e 2 mostram a introdução dos dados caracterizadores das frações autónomas em estudo na folha de cálculo da aplicação REH do ITEcons.

Tabela 1 – Caracterização da fração autónoma - Edifício 1.

Caracterização da Fração:				EXISTENTE	
Edifício/FA situada no município	COIMBRA	Região NUTS III	Baixo Mondego	Região	A
a uma altitude de	60 m	distância à costa	superior a 5km	Rugosidade	I
Edifício situado	no interior de uma zona urbana				
Área útil de Pavimento	62,85	Pé-direito médio	2,43	ROADMAP	2013
Tipologia	T2	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte		

Tabela 2 – Caracterização da fração autónoma - Edifício 2.

Caracterização da Fração:				EXISTENTE	
Edifício/FA situada no município	COIMBRA	Região NUTS III	Baixo Mondego	Região	A
a uma altitude de	60 m	distância à costa	superior a 5km	Rugosidade	I
Edifício situado	no interior de uma zona urbana				
Área útil de Pavimento	98,43	Pé-direito médio	2,63	ROADMAP	2013
Tipologia	T4	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte		

4.3.2. Levantamento dimensional

Para cada edifício, procedeu-se a um levantamento exaustivo das dimensões e das áreas dos vários elementos, designadamente as áreas das paredes, dos pavimentos, das coberturas e dos vãos envidraçados, bem como, das áreas brutas e das áreas úteis. As medições necessárias ao levantamento dimensional são efetuadas pelo interior dos elementos do edifício (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 – Resumo das áreas por piso dos elementos da envolvente do edifício 1.

Elementos	Áreas (m ²)				
	R/chão	Piso 1	Piso 2	Piso 3	Sótão
Pavimentos térreos	1,41	-	-	-	-
Pavimentos c/zona ã útil		9,70			
Coberturas exteriores	-	-	-	-	16,97
Paredes exteriores	1,34	7,47	8,54	8,61	4,91
Paredes c/ zona ã útil	6,38	-	-	-	-
Paredes adjacentes	5,94	26,35	31,17	30,64	22,82
Envidraçados	-	2,25	2,25	2,25	1,93

Tabela 4 – Resumo das áreas por piso dos elementos da envolvente do edifício 2.

Elementos	Áreas (m ²)				
	R/chão	Piso 1	Piso 2	Piso 3	Sótão
Pavimentos térreos	-	5,05	2,12	-	-
Pavimentos enterrados	5,26	7,92	-	-	-
Pavimentos c/zona ã útil	8,59	-	-	-	-
Coberturas exteriores	-	-	-	-	32,55
Paredes exteriores	2,82	10,6	20,95	16,58	11,08
Paredes c/ zona ã útil	13,05	-	-	-	-
Paredes enterradas	3,90	6,60	-	-	-
Paredes adjacentes	15,20	42,50	47,87	42,66	25,66
Envidraçados		2,67	2,81	2,92	2,54

Relativamente às áreas das paredes exteriores e dos vãos envidraçados, estas são determinadas segundo a orientação, de modo a permitir o cálculo e aplicação das variáveis térmicas.

- Edifício 1 - possui apenas uma parede exterior de orientação oeste onde se situam os vãos envidraçados, as restantes paredes estão em contacto com edifícios adjacentes.
- Edifício 2 - as orientações das paredes exteriores são a Este e a Oeste, com vãos envidraçados nas duas fachadas.

4.3.3. Inércia térmica e classe de inércia térmica, *I*

A capacidade de armazenamento e de restituição de calor depende da constituição dos elementos (massa, existência de caixa de ar), da sua localização e dos revestimentos superficiais e isolamentos térmicos e traduz-se na inércia térmica, esta é maior em função do peso e da espessura dos elementos.

Segundo o despacho nº 15793-K/2013, a inércia térmica interior de uma fração pode ser classificada em forte, média ou fraca. Uma inércia forte otimiza os benefícios dos ganhos solares pelo desfasamento ou atraso na transmissão das ondas de calor entre o exterior e o interior, possibilitando que funcionem como acumuladores térmicos, que absorvem calor durante o dia e o libertam à noite, quando é mais necessário.

A Classe de Inércia Térmica é obtida da tabela 11 do ponto 6.2 do despacho nº 15793-K/2013, pelo cálculo da massa superficial útil por metro quadrado de área de pavimento, I_t , como indica o ponto 6.2, utilizando-se a expressão 1:

$$I_t = \frac{\sum_i M_{si} * S_i}{A_p} \quad (1)$$

O valor de I_t [Kg/m²] é determinado em função das áreas (S_i) dos elementos que constam do levantamento dimensional (paredes exteriores, interiores, pisos e tetos, cobertura), e das massas superficiais (M_{si}) calculadas de acordo com o despacho nº 15793-K/2013, ponto 6.1, nas alíneas 5, 6 e 7, que indica os limites para os valores de M_{si} , neste caso para elementos sem isolamento térmico e sem caixa-de-ar tem-se para:

- Elementos da envolvente da interior e exterior (EL1), sem caixa-de-ar $M_{si}=M_i/2$ (ponto 6.1.5. a) i), com um limite máximo de 150 Kg/m².
- Elementos em contacto com o solo (EL2) segundo o ponto 6.1.6. a) $M_{si} = 150$ kg/m².
- Elementos de compartimentação (EL3) segundo o ponto 6.1.7. a), contabiliza-se o total da massa com o limite de 300 kg/m².

Os revestimentos e isolantes reduzem as trocas de calor e por consequente a inércia, deste modo os valores referidos são sujeitos a fatores de redução da massa superficial (r) impostos pelo seu revestimento superficial, através da sua resistência (R), os intervalos de r e R constam no ponto 6.2 do referido despacho.

Tendo em conta a constituição dos elementos construtivos da envolvente exterior (paredes simples em pedra) e os elementos construtivos interiores, com a respetiva massa contribuindo para uma maior inércia térmica, de valores superiores a 400 kg/m², verifica-se que ambos os edifícios apresentam Classe de Inércia Térmica Forte.

4.3.4. Dados climáticos

Os valores dos parâmetros climáticos, X (meses ou °C), de um determinado local, foram obtidos a partir de valores de referência, X_{REF} (meses ou °C), para cada NUTS III (Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins estatísticos de nível III), detalhada na tabela 01 do despacho n.º 15793-F/2013 e ajustados de forma linear com base na altitude desse local, z , conforme a equação 2:

$$X = X_{REF} + a(z - Z_{REF}) \quad (2)$$

em que:

X – Parâmetros climáticos (diversas variáveis consoante a estação pretendida).

X_{ref} – Valor de referência do parâmetro climático

a – declive associado ao parâmetro climático

z – altitude do local onde se situa o edifício

Z_{ref} – altitude de referência do local

Os parâmetros climáticos pertinentes para a estação de aquecimento e arrefecimento são os estabelecidos no ponto 2.1 e 2.2 do referido despacho, onde se encontram tabelados os respetivos valores de referência e declives para ajuste da altitude.

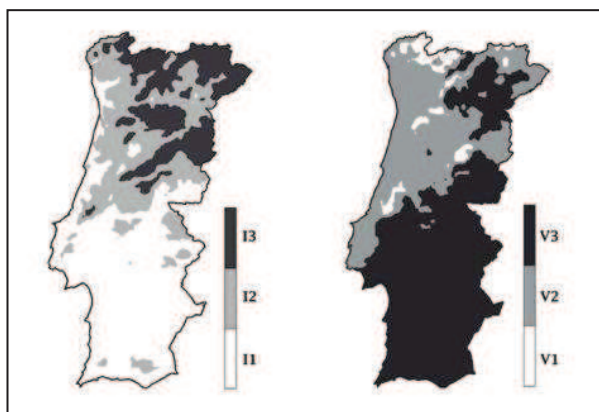


Figura 104 – Zonas climáticas de inverno (I) e verão (V) (Fonte: despacho n.º 15793-F/2013).

Assim para os casos de estudo, segundo o despacho n.º 15793-F/2013 e conforme ilustrado na figura 104, temos as zonas climáticas I1 e V2. A Tabela 5 apresenta os parâmetros climáticos que importam aos cálculos de cada estação.

Tabela 5 – Identificação das zonas climáticas de inverno e dados climáticos dos edifícios.

<i>Dados Climáticos</i>			
Graus-dias	1.297		
Zona Climática de Inverno	I1	Zona Climática de Verão	V2
Temperatura Média Exterior Inverno (°C)	10	Temperatura Média Exterior Verão (°C)	20,9
Duração da estação de aquecimento (meses)	6,3	Duração da estação de arrefecimento (meses)	4

4.3.5. Caracterização dos sistemas instalados na fração

A par do comportamento térmico assume igualmente posição de destaque na avaliação do desempenho energético dos edifícios segundo o REH, a eficiência dos sistemas técnicos estando estes sujeitos a requisitos mínimos de eficiência energética.

Os sistemas a considerar no cálculo englobam os sistemas de aquecimento e arrefecimento do ar interior e de produção de águas quentes sanitárias (AQS), sistemas com recurso a energias renováveis e sistemas de ventilação, que servem a fração, e sobre os quais não existe informação suficiente, assim, por defeito e para efeitos de cálculo considera-se os seguintes:

- Sistema elétrico de aquecimento e arrefecimento
- Sistema a gás de preparação de AQS.
- Ventilação natural

4.3.6. Ventilação e taxas de renovação de ar, R_{ph}

A ventilação dos espaços interiores pode ocorrer de forma natural pela envolvente, muitas vezes recorrendo à abertura de janelas nos vãos exteriores, melhorando desde modo, não só a qualidade interna do ar como também a temperatura interior nos períodos de verão, e/ou pode ocorrer através de equipamentos mecânicos, podendo ter um peso importante nas necessidades de energia do edifício, principalmente nas de aquecimento levando à necessidade de minimizar caudais.

Para a determinação dos parâmetros relativos à ventilação necessários à aplicação do REH foi utilizada a ferramenta de cálculo desenvolvida pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil para cálculo da Ventilação no âmbito do REH e RECS, da qual se apresentam os dados e resultados no Anexo 4.

Os valores a indicar na folha de cálculo em questão são os seguintes:

- Número de fachadas expostas ao exterior;
- Tipo de edifício: novo ou existente, de habitação, unifamiliar ou multifamiliar;
- Morfologia do edifício: pé direito médio, área útil, altura do edifício;
- Dados sobre a zona climática (rugosidade, região, etc...);
- Distância aos edifícios/obstáculos frontais e altura dos mesmos;
- Características da permeabilidade ao ar;
- Contabilização da existência ou não de aberturas de admissão de ar na fachada;
- Tipo de ventilação a ser utilizada e condutas de ventilação natural.

Verifica-se que os edifícios estão sujeitos apenas a ventilação natural (sem condutas de ventilação natural nem condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta e não existe qualquer ventilação mecânica nem recuperadores de calor no verão) e se tratam de edifícios protegidos com as seguintes características:

- Edifício 1 – tem uma altura acima do nível do terreno de 14,25m, e uma fachada exposta ao exterior com obstáculo frontal de altura 12,90m a uma distância máxima de 3,10m.
- Edifício 2 - tem uma altura acima do nível do terreno de 14,68 m, e duas fachadas expostas ao exterior com obstáculo frontal de altura 9,37m a uma distância máxima de 3,00m.

Quanto à permeabilidade ao ar da envolvente, considerou-se que as caixilharias não têm classificação e as caixas de estores existentes no edifício 1 têm permeabilidade alta.

Não se verificou a existência de dispositivos de admissão de ar na fachada, no entanto, estes foram exigíveis ao efetuar-se a verificação da exigência de ventilação natural. Sem os dispositivos o valor de R_{ph} estimado teria um valor nulo, logo não satisfazendo o critério do R_{ph} mínimo regulamentar.

No REH a taxa de renovação de ar é calculada para as duas estações:

R_{phi} – taxa de renovação na estação de aquecimento que apresenta um valor limite de 0,4.

R_{phv} – taxa de renovação na estação de arrefecimento que apresenta um valor limite de 0,6.

A R_{phi} resultante do cálculo foi de 0,66 l/h para o edifício 1 e de 0,56l/h para o edifício 2. Para a estação de arrefecimento o valor de R_{phv} determinado foi de 0,66 l/h para o edifício 1 e de 0,60 l/h para o edifício 2. Estes resultados apresentam-se na tabela 6.

Tabela 6 – Resultados do cálculo da ventilação para os edifícios 1 (à esquerda) e 2 (à direita).

8. Resultados		8. Resultados	
8.1 - Balanço de Energia - Edifício		8.1 - Balanço de Energia - Edifício	
R_{phi} (h-1) - Aquecimento	0,66	R_{phi} (h-1) - Aquecimento	0,56
R_{phv} (h-1) - Arrefecimento	0,66	R_{phv} (h-1) - Arrefecimento	0,60
W _{vm} (kWh)	0,0	W _{vm} (kWh)	0,0
8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência		8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência	
$R_{phi,REF}$ (h-1)	0,60	$R_{phi,REF}$ (h-1)	0,56
8.3 - Caudal mínimo de ventilação		8.3 - Caudal mínimo de ventilação	
Rph estimada em condições nominais (h-1)	0,42	Rph estimada em condições nominais (h-1)	0,42
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40	Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40
Critério Rph mínimo	Satisfatório	Critério Rph mínimo	Satisfatório

4.3.7. Caracterização da envolvente opaca

A envolvente opaca de um edifício inclui diferentes elementos construtivos, quer na designada envolvente exterior, quer na envolvente interior, como paredes (exteriores e interiores), pavimentos (exteriores e interiores), coberturas (exteriores e interiores), vãos opacos (exteriores e interiores), pontes térmicas planas e lineares (exteriores e interiores) e elementos em contacto com o solo (paredes enterradas, pavimentos enterrados, pavimentos térreos). Tornando-se necessário identificar e classificar as envolventes, interiores e exteriores, por forma a caracterizar-se os vários elementos constituintes da construção segundo o REH.

Envolvente exterior

Nos casos de estudo a envolvente opaca exterior inclui paredes, cobertura pertencentes à envolvente exterior e pontes térmicas lineares na envolvente exterior.

As pontes térmicas planas consistem em zonas de heterogeneidade onde a resistência térmica difere muito da zona corrente, contribuindo substancialmente para as perdas de calor, e agravando o desempenho térmico do edifício. Relativamente aos casos de estudo considerando a tipologia construtiva da envolvente exterior (alvenaria de pedra), o cálculo rigoroso das pontes as pontes térmicas planas pode ser dispensado, como estipula o método simplificado no despacho nº 15793-E/2013. As situações de pontes térmicas lineares consideradas são as contempladas no referido despacho.

Elementos em Contacto com o Solo

Em ambos os edifícios, a área de acesso aos pisos superiores daqueles é um elemento em contato com o solo, sendo que no edifício 1 constitui um pavimento térreo e o único elemento em contato com o solo (Tabela 7).

No edifício 2, a referida área constitui um pavimento enterrado devido à existência de um logradouro tardoz ao nível do 1º e 2º pisos, deste modo também é pavimento enterrado o do 1º piso, assim como as paredes posteriores do piso térreo e do 1º piso constituem paredes enterradas. Encontram-se também pavimentos térreos na zona do logradouro ao nível do 1º e 2º pisos.

Tabela 7 – Dados do pavimento térreo em contacto com o solo Edifício 1.

PAVIMENTOS TÉRREOS (z≤0) ^(VII)	Área	R _f	Perímetro Exposto P	Espessura da parede exposta w (m)	Isolamento Perimetral?	Horizontal ou Vertical?	Espessura do Isol. dn	Extensão de Isol. D	U _{f,eq}	U _{f,eq,REF}
Descrição	m ²	m ² .°C/W	m	(m)			m	m	W/m ² .°C	W/m ² .°C
Piso R/C	1,41	1,00	3,27	0,2	Não				0,66	0,50

Os parâmetros térmicos destes elementos foram determinados segundo o ponto 2.2 do Despacho nº 15793-K/2013 assim como outras variáveis caracterizadoras destes elementos como perímetro exposto e a espessura da parede exposta destes elementos.

Envolvente interior

No rés-do-chão dos edifícios, a área útil não ocupa a totalidade da implantação do piso, pois uma área considerável é ocupada pelo comércio, constituindo este um espaço não útil. A definição da envolvente interior do espaço não útil contabiliza também o edifício adjacente.

4.3.8. Parâmetros térmicos da envolvente opaca

Para cada um dos elementos referidos procedeu-se à identificação e definição dos valores das variáveis térmicas que são necessárias introduzir na ferramenta do ITEcons para uma correta aplicação do REH.

Coefficientes de transmissão térmica superficial, U

Os valores dos Coeficientes de Transmissão Térmica superficial (U) dos elementos da envolvente opaca são determinados segundo o ponto 2.1 do Despacho nº 15793-K/2013, em função da espessura e da condutibilidade térmica dos materiais que os constituem.

Foram usados os valores dos coeficientes de condutibilidade térmica do *DesignBuilder* para os materiais constituintes das paredes e pavimentos, ou recorrendo às tabelas de condutibilidade e resistência térmicas dos materiais do ITE50.

O coeficiente de transmissão térmica para as coberturas exteriores foi obtido diretamente das tabelas referentes ao coeficiente de transmissão térmica de

coberturas inclinadas sem isolamento térmico, do ITE 50, quadros II.17 e quadro II.20, respetivamente para o sentido ascendente e sentido descendente, considerando esteira leve, assim: $U_{asc} = 3,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e $U_{desc} = 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Coefficientes de redução de perdas, b_{tr}

A determinação do coeficiente de redução de perdas de um espaço não útil ou de um edifício adjacente a aplicar no cálculo da transmissão de calor, foi realizada segundo o ponto 11.1, alínea 1 e 2 do despacho nº 15793-K/2013, utilizando a tabela 22 do referido ponto, em função do valor de A_i/A_u e V_{ENU} , sendo que:

A_i - Somatório das áreas do espaço não útil em contacto com o espaço útil,

A_u - Somatório das áreas do espaço não útil em contacto com o exterior.

V_{ENU} - Volume do espaço não útil.

Em ambos os casos de estudo, verifica-se que um coeficiente de redução de perdas, b_{tr} , para os espaços não úteis inferior a 0,7, assim como previsto no despacho nº 15793-K/2013, os elementos em contacto com o comércio e com os edifícios adjacente terão requisitos de envolvente interior, o que dispensa igualmente a contabilização das pontes térmicas lineares através de elementos da envolvente interior em contacto com estes espaços.

A título de exemplo apresenta-se na Tabela 8 os dados de introdução na folha de cálculo ITEcons relativos aos espaços não-útil para o edifício 2.

Tabela 8 – Características da envolvente interior em contacto com o espaço não útil - Edifício 2.

ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Cálculo do b_{tr} de acordo com a norma 13789?	b_{tr} calculado	A_i/A_u	Volume do ENU m^3	Ventilação (X)	b_{tr}
Edifício Adjacente	Não		-	-	-	0,60
Loja	Não		$A_i/A_u \geq 4$	$V \leq 50$	fraca	0,30

Coefficientes de transmissão térmica linear, Ψ

Considerando que os edifícios em análise apresentam-se sem qualquer tipologia de isolamento, situação esta que o REH não contempla no cálculo das pontes térmicas lineares, recorreu-se para o seu cálculo à metodologia simplificada, tendo estas sido determinadas em função dos coeficientes de transmissão térmica lineares, Ψ , constantes das regras de simplificação, despacho nº 15793-E/2013, tabela 03.

Coefficiente de absorção da radiação solar, α

No cálculo dos ganhos solares na estação de arrefecimento em paredes e coberturas, é necessário determinar o valor do coeficiente de absorção da radiação solar da superfície exterior do elemento opaco, α , este é função da cor do revestimento da superfície exterior como estabelecido na tabela 08 do 15793-K/2013. Nos casos de estudo, as paredes exteriores são de cor clara e as coberturas são de cor média. A cobertura em desvão do edifício 2 tem uma caixa-de-ar fracamente ventilada, considerando-se a emissividade da face interior normal.

As Tabelas 9, 10, 11, 12, 13 e 14 apresentam alguns exemplos de dados a introduzir nas folhas de cálculo do ITECons referentes à caracterização da envolvente interior opaca dos casos de estudo, sendo os valores de coeficientes de transmissão térmica (U) dos elementos e as respetivas áreas. Da análise das tabelas referidas verifica-se que os elementos verticais têm valores de U superiores aos de referência do REH, destes elementos as paredes adjacentes são os que apresentam piores características térmicas, com um valor de U duplo do U_{REF} .

Tabela 9 – Características da envolvente opaca - pavimentos interiores - Edifício 1.

PAVIMENTOS INTERIORES Descrição	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Área m ²	$U_{descendente}$ W/m ² .°C	U_{REF} W/m ² .°C
W.C	Loja	1,92	0,60	0,80
Restante piso	Loja	11,29	0,84	0,80

Tabela 10 – Características da envolvente opaca - pavimentos interiores - Edifício 2.

PAVIMENTOS INTERIORES Descrição	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Área m ²	$U_{descendente}$ W/m ² .°C	U_{REF} W/m ² .°C
Tecto da loja	Loja	8,59	0,73	0,80

Tabela 11 – Características da envolvente opaca - paredes adjacentes - Edifício 1.

PAREDES INTERIORES EM CONTACTO COM EDIFÍCIO ADJACENTE Descrição	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Área m ²	U W/m ² .°C	U_{REF} W/m ² .°C
Parede de frontal	Edifício Adjacente	114,41	2,13	1,00

Tabela 12 – Características da envolvente opaca - paredes adjacentes - Edifício 2.

PAREDES INTERIORES EM CONTACTO COM EDIFÍCIO ADJACENTE Descrição	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Área m ²	U W/m ² .°C	U_{REF} W/m ² .°C
Paredes adjacentes	Edifício Adjacente	173,89	2,01	1,00

Tabela 13 – Características da envolvente opaca - paredes interiores - Edifício 1.

PAREDES INTERIORES Descrição	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Área m ²	U W/m ² .°C	U_{REF} W/m ² .°C
tabique	Loja	6,38	1,11	1,00

Tabela 14 – Características da envolvente opaca - paredes interiores - Edifício 2.

PAREDES INTERIORES Descrição	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Área m ²	U W/m ² .°C	U_{REF} W/m ² .°C
Parede em contacto com loja	Loja	13,05	1,38	1,00

As Tabelas 15 e 16 apresentam alguns exemplos de dados a introduzir nas folhas de cálculo do ITECons referentes à caracterização da envolvente exterior opaca dos casos de estudo. Analisando estas duas tabelas verifica-se que os valores de U dos elementos das paredes exteriores apresentam valores quatro vezes superiores aos valores de U_{REF} .

Tabela 15 – Características da envolvente opaca - paredes exteriores - Edifício 1.

PAREDES EXTERIORES	Orientação	Cor	Fachada Ventilada?	Área	sombreamento na est. de arrefecimento	U	U _{REF}
R/C	Oeste	Clara	Não	1,34	Fortemente Sombreado	2,19	0,50
Piso 1	Oeste	Clara	Não	7,47	Fortemente Sombreado	2,02	0,50
Piso 2	Oeste	Clara	Não	8,54	Fortemente Sombreado	2,41	0,50
Piso 3	Oeste	Clara	Não	8,61	Fortemente Sombreado	2,49	0,50
Sotão	Oeste	Clara	Não	4,91	Fortemente Sombreado	2,16	0,50

Tabela 16 – Características da envolvente opaca - paredes exteriores - Edifício 2.

PAREDES EXTERIORES	Orientação	Cor	Fachada Ventilada	Área	sombreamento na est. de arrefecimento	U	U _{REF}
Fachada principal - r/chão	Oeste	Clara	Não	2,82	Fortemente Sombreado	2,17	0,50
Fachada principal - 1º andar	Oeste	Clara	Não	7,96	Fortemente Sombreado	2,17	0,50
Fachada principal - 2º andar	Oeste	Clara	Não	7,99	Fortemente Sombreado	2,17	0,50
Fachada principal - 3º andar	Oeste	Clara	Não	8,29	Fortemente Sombreado	2,17	0,50
Fachada principal - Águas furtadas	Oeste	Clara	Não	5,68	Fortemente Sombreado	2,17	0,50
Fachada posterior - 1º andar	Este	Clara	Não	2,64	Sombreamento Normal/Standard	2,17	0,50
Fachada posterior - 2º andar	Este	Clara	Não	4,78	Sombreamento Normal/Standard	2,17	0,50
Fachada posterior - 2º andar (2)	Este	Clara	Não	2,97	Sombreamento Normal/Standard	2,17	0,50
Fachada posterior - 3º andar	Este	Clara	Não	8,29	Sombreamento Normal/Standard	2,17	0,50
Fachada posterior - Águas furtadas	Este	Clara	Não	5,40	Sombreamento Normal/Standard	2,17	0,50
Parede a Oeste	Oeste	Clara	Não	5,21	Sombreamento Normal/Standard	2,17	0,50

4.3.9. Caracterização dos vãos envidraçados

No edifício 1, os vãos envidraçados localizam-se nos pisos da parede exterior e têm orientação oeste, no edifício 2 estão localizados na fachada principal e na posterior, a Este e a Oeste.

4.3.10. Parâmetros térmicos dos vãos envidraçados

Coeficiente de Transmissão Térmica dos envidraçados, $U_{w,dn}$

O coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados, U_{wdn} , foi obtido com recurso às tabelas do ITE50.

- Edifício 1- O valor de $U_{w,dn}$ de um vão envidraçado vertical com caixilharia de madeira e vidro simples incolor de 6mm de espessura, e dispositivos de oclusão noturna com permeabilidade ao ar baixa, é de acordo com quadro III de 3,40 w/m².°C.

- Edifício 2 – Para os vãos envidraçados de vidro simples incolor de 6 mm de espessura, caixilharia de madeira com quadrícula e dispositivos de proteção interior constituídos por portadas interiores de madeira de cor branca, o U_{wdn} é de 4,30 w/m².°C.

Fração envidraçada, F_g

A fração envidraçada, F_g , foi obtida da tabela nº 20 do despacho nº 15793-K/2013, tomando-se os valores de 0,57 e 0,65 para caixilhariás em madeira com quadrícula e sem quadrícula, respetivamente.

Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados, F_w

O fator de correção da seletividade angular dos envidraçados, F_w , representa a diferença da incidência da radiação solar, devida à orientação, calculada como a relação dos ganhos solares provocada pelas características do vidro com o ângulo que incide proveniente da radiação solar.

Na estação de aquecimento o valor de $F_{w,i}$ é de 0,90. Para a estação de arrefecimento a redução dos ganhos solares causada pela variação do ângulo de incidência da radiação solar é contabilizada de acordo com a tabela nº 21 do despacho nº 15793-K/2013, obtendo-se assim o valor de $F_{w,v}$ igual a 0,90, nos vãos envidraçados de vidros simples incolores com orientação Este e Oeste.

Fator solar de vãos envidraçados, g

O fator solar do vão envidraçado, g_{\perp} , representa a razão entre a energia solar transmitida para um edifício através dos vãos envidraçados face à radiação solar incidente na direção normal do envidraçado.

Os fatores solares a aplicar no cálculo dos ganhos térmicos pelos vãos envidraçados na estação de aquecimento e de arrefecimento, conforme o despacho nº 15793-K/2013, são função da orientação dos vãos envidraçados, dos fatores solares dos vidros, dos fatores de seletividade angular e do tipo de dispositivo de proteção solar existente.

O valor do fator solar do vidro para uma incidência solar normal ao vão, $g_{\perp,vi}$, é obtido da tabela 12 do mesmo despacho, sendo que para vidro simples incolor de 6 mm toma o valor de 0,85.

O fator solar global do vão envidraçado com todas as proteções solares, permanentes ou móveis, totalmente ativadas, g_T , no caso de vidro simples é dado pela fórmula 3:

$$g_T = g_{\perp,vi} \times \Pi \frac{g_{Tvc}}{0,85} \quad (3)$$

O valor do fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e dispositivos de proteção solar, g_{Tvc} , é obtido da tabela 13, deste modo tem-se:

- Edifício 1 - nos pisos 2 e 3, para vidro simples e proteção exterior em persiana de régua plástica de cor clara o valor de g_{Tvc} é igual a 0,07, e o valor de g_T é igual a

0,07. No piso 1 e sótão não existem quaisquer dispositivos de proteção, nestes casos g_T toma o valor de $g_{\perp,vi}$.

- Edifício 2 - para vidro simples e proteção interior de portadas opacas de cor clara o valor de g_{Tvc} é igual a 0,30, e o valor de g_T é igual a 0,30.

Segundo a folha de cálculo do ITECONS, o fator solar do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção permanentes ativados, $g_{\perp,Tp}$, adota o valor de $g_{\perp,vi}$ quando estes dispositivos não existem.

Na estação de aquecimento considera-se que os dispositivos de proteção solar móvel estão desativados para aproveitar e rentabilizar o máximo de energia solar que incide no vão envidraçado. Neste caso o fator solar de Inverno, g_i , é igual ao fator solar do vidro corrigido de um fator de seletividade angular, como representa a equação 4:

$$g_i = F_{w,i} \times g_{\perp,vi} \quad (4)$$

Na estação de arrefecimento considera-se que os dispositivos de proteção solar móvel encontram-se ativos uma fração de tempo, F_{mv} , consoante a exposição do vão, sendo neste caso o fator solar de verão, g_v , determinado de acordo com a expressão 5:

$$g_v = F_{mv} \times g_T + (1 - F_{mv}) \times g_{Tp} \quad (5)$$

Fator de obstrução da radiação solar, F_s

No cálculo dos ganhos solares, o fator de obstrução dos vãos envidraçados, F_s , exprime a redução na radiação solar que incide nestes, provocada por sombreamentos causados pelos elementos do próprio edifício, como varandas, palas e outros corpos do edifício, e pelos elementos exteriores tais como edifícios envolventes e vegetação.

Para os casos de estudo, considerando a arquitetura, a implantação urbana dos edifícios e a existência de edifícios frontais, determina-se os valores para os vários tipos de sombreamento existentes: dos elementos verticais e horizontais existentes no próprio edifício e do horizonte, com base na medição dos respetivos ângulos de obstrução como exemplificado nas Figuras 105 e 106.

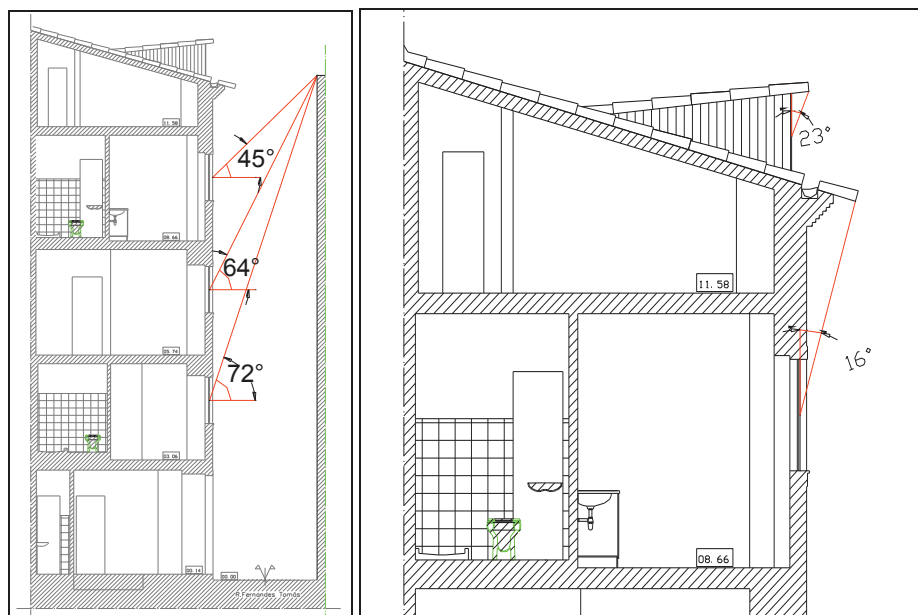


Figura 105 – Esquema representativo da obstrução do horizonte (à esquerda) e do sombreamento horizontal (à direita) - Edifício 1.

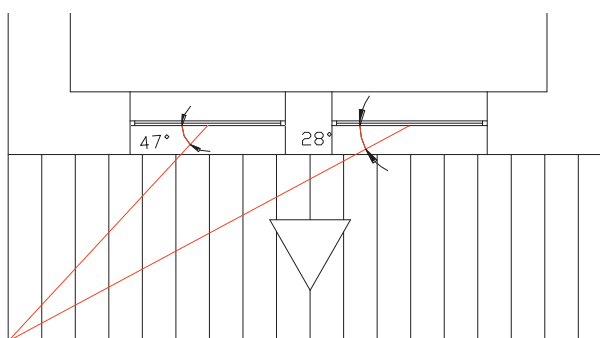


Figura 106 – Esquema representativo dos sombreamentos verticais laterais - Edifício 2.

As tabelas 17 e 18 representam os dados referentes aos vãos envidraçados exteriores a introduzir nas folhas de cálculo do ITECons, para o edifício 1. Da análise da tabela verifica-se que os valores de U_{Wdn} dos vãos envidraçados são superiores aos valores de U_{REF} .

Tabela 17 – Características dos vãos envidraçados e sombreamentos - edifício 1.

VÃO ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Orientação	Área	Vão Envidraçado à Face Exterior da Parede?	Tipo de vidro	Obstrução do Horizonte α_h	Pala horizontal α	Pala vertical à esquerda β_{esq}	Pala vertical à direita β_{dir}	U_{Wdn}	U_{REF}
Descrição		m^2			°	°	°	°	$W/m^2 \cdot ^\circ C$	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
Piso 1	Oeste	2,25	Sim	Simples	72	0	0	0	3,40	2,90
Piso 2	Oeste	2,25	Sim	Simples	64	0	0	0	3,40	2,90
Piso 3	Oeste	2,25	Sim	Simples	45	16	0	0	3,40	2,90
Sótão	Oeste	1,93	Sim	Simples	45	23	0	0	3,40	2,90

Tabela 18 – Dados dos fatores solares de inverno e verão - edifício 1.

VÃO ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Classe da Caixilharia	Permeabilidade da Caixa de Estore	Fracção Envidraçada F_g	Factor Solar do vidro g_{Lvi}	FS Global Prot. Perm. e Móveis g_{LT}	FS Global Prot. Perm. g_{LTP}	FS de Inverno g_i	FS de Verão g_v	FS de Verão de Referência g_{vREF}
Piso 1	Sem classificação	Não tem	0,57	0,85	0,85	0,85	0,77	0,77	0,40
Piso 2	Sem classificação	Não tem	0,57	0,85	0,07	0,85	0,77	0,35	
Piso 3	Sem classificação	Não tem	0,57	0,85	0,07	0,85	0,77	0,35	
Sótão	Sem classificação	Não tem	0,57	0,85	0,85	0,85	0,77	0,77	

4.3.11. Requisitos de qualidade térmica da envolvente e de ventilação dos espaços

De acordo com a portaria 349-B/2013, de 29 de Novembro, a qualidade térmica da envolvente impõe o cumprimento de limites máximos, de acordo com as zonas climáticas, para os coeficientes de transmissão térmica da envolvente opaca e o fator solar dos vãos envidraçados, e também requisitos mínimos para a taxa de renovação de ar. Os coeficientes máximos de transmissão térmica da envolvente opaca constam da Tabela I.05. Assim, para Zona Climática I1:

- $b_{tr} > 0.7 \rightarrow U_{m\acute{a}x} = 1,75$ (elementos verticais) e 1,25 (elementos horizontais).
- $b_{tr} < 0.7 \rightarrow U_{m\acute{a}x} = 2,0$ (elementos verticais) e 1,65 (elementos horizontais).

Em ambos os edificios estes máximos são facilmente ultrapassados apresentando nomeadamente os elementos da envolvente exterior características térmicas muito elevadas com valores de coeficiente de transmissão térmica superiores a: 2,00 W/m².°C nas paredes de pedra e 2,50 W/m².°C na cobertura. O coeficiente de transmissão térmica dos envidraçados mais baixo é de 3,40 W/m².°C (Tabela 19).

Tabela 19 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais da envolvente dos casos de estudo, máximos e de referência.

ELEMENTO	Constituição		$U_{existente}$	$U_{M\acute{A}X}$	U_{REF}
Edifício 1		$e_{equivalente}$ (m)	(W/m ² .°C)		
Paredes exteriores	Alvenaria de pedra	0,48 - 0,52	2,02 - 2,49	1,75	0,50
Paredes interiores	Tabique	0,15	1,11	2,00	1,00
Paredes adjacentes	Frontal	0,17	2,13	2,00	1,00
Pavimentos interiores	Madeira	0,30	0,60 - 0,84 (desc.)	1,65	0,80
Coberturas	Esteira leve em madeira		3,80 (asc.)	1,25	0,40
Vãos envidraçados	Caixilho madeira c/ vidro simples de 6 mm		3,40	-	2,90
Edifício 2		(m)	(W/m ² .°C)		
Paredes exteriores	Alvenaria de pedra	0,40	2,17	1,75	0,50
Paredes interiores	Tabique	0,20	1,38	2,00	1,00
Paredes adjacentes	Frontal	0,20	2,01	2,00	1,00
Pavimentos interiores	Madeira	0,20	0,73 (desc.)	1,65	0,80
Coberturas	Esteira leve em madeira/metálica		3,80 (asc.)	1,25	0,40
Vãos envidraçados	Caixilho madeira c/ vidro simples de 6 mm		4,30	-	2,90

Para o fator solar dos vãos envidraçados, temos que para uma área envidraçada inferior a 15% da área do pavimento, aplica-se a alínea a) do ponto 2.3 da portaria:

- $g_t * F_o * F_f \leq g_{Tmáx}$, em que $g_{Tmáx}$, consta da Tabela I.06.

Assim temos, Zona Climática V2 e inércia média ou forte $\rightarrow g_{Tmáx} = 0,56$.

Para ter-se em conta a qualidade do ar interior, o REH impõe um caudal mínimo de ventilação de 0,40 l/h, que ambos os edifícios satisfazem.

4.3.12. Desempenho térmico das soluções

Na avaliação do desempenho térmico de uma habitação os parâmetros térmicos e as necessidades energéticas são comparados com os respetivos valores de referência estabelecidos para um edifício de referência, com a mesma geometria, mas com as condições de referência do regulamento.

A Portaria nº 349-B, de 29 de Novembro de 2013, estabelece a metodologia de cálculo dos valores máximos das necessidades energéticas, N_v , N_i e N_t , para os valores e condições de referência segundo a mesma portaria, nomeadamente os coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência, para os elementos opacos verticais e horizontais em contacto com o exterior, com os espaços não úteis e com o solo, e para os vãos envidraçados, estes constam da tabela I.01 da referida portaria.

A aplicação do REH permite igualmente determinar a classe de desempenho energético dos edifícios com vista à Certificação Energética pelo SCE, de acordo com a tabela 01 do Despacho nº 15793-J/2013, que define os valores de R_{nt} (N_{tc}/N_t) necessários para o seu cálculo.

O Certificado energético e de qualidade do ar interior, para além da classe energética, reúne todo um conjunto de dados relevantes sobre o desempenho do edifício (os valores das necessidades nominais de energia útil para aquecimento, arrefecimento e preparação das AQS, o valor de N_t e N_{tc} , o nível das emissões de CO₂) e apresenta propostas de medidas de melhoria de desempenho energético que podem se adotar, discriminando a relação custo-benefício e o seu período de retorno.

No caso dos edifícios existentes em centros históricos, pelo seu carácter de exceção, os valores de referência do regulamento podem ser ultrapassados, resultando em pior classificação de desempenho energético relativamente aos novos edifícios.

Ao proceder-se a intervenções de melhoria no sentido de diminuir as necessidades nominais de energia promove-se a elevação da classe energética do edifício, na classe B- estabelece-se o limiar do consumo de referência sendo a classe A+ o nível desejado de consumo energético do edifício (Tabela 20).

Tabela 20 – Escalões das classes energéticas do SCE (Fonte: Despacho n.º 15793-J/2013).

Classe Energética	Valor de R_{Nt}
A +	$R_{Nt} \leq 0,25$
A	$0,26 \leq R_{Nt} \leq 0,50$
B	$0,51 \leq R_{Nt} \leq 0,75$
B -	$0,76 \leq R_{Nt} \leq 1,00$
C	$1,01 \leq R_{Nt} \leq 1,50$
D	$1,51 \leq R_{Nt} \leq 2,00$
E	$2,01 \leq R_{Nt} \leq 2,50$
F	$R_{Nt} \geq 2,51$

4.3.13. Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, N_{ic} , e valor máximo de necessidades energéticas para aquecimento, N_i .

As necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, N_{ic} [kWh/m².ano], são determinadas segundo a metodologia do despacho n.º 15793-I/2013 em função das transferências de calor por transmissão e por ventilação e dos ganhos úteis, na estação de aquecimento, por área útil, A_p , de acordo com a expressão 6,

$$N_{ic} = (Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i})/A_p \quad (6)$$

em que:

$Q_{tr,i}$ - Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento, através da envolvente dos edifícios [kWh];

$Q_{ve,i}$ - Perdas de calor por ventilação na estação de aquecimento [kWh];

$Q_{gu,i}$ - Ganhos térmicos úteis, [kWh];

A_p - Área interior útil de pavimento, medida pelo interior, [m²].

Os valores máximos das necessidades energéticas de aquecimento, N_i , determinam-se com base na equação 6 mas com os valores de referência constantes da Portaria n.º 349-B/2013, de 29 de novembro.

Transferência de calor por transmissão através da envolvente na estação de aquecimento, $Q_{tr,i}$

As transferências de calor por transmissão na estação de aquecimento, $Q_{tr,i}$ [kWh], são determinadas de acordo com a equação 7:

$$Q_{tr,i} = 0,024 \times GD \times H_{tr,i} \quad (7)$$

em que:

GD - Número de graus-dias de aquecimento especificados para cada região NUTS III [°C.dia];

$H_{tr,i}$ - Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento [W/°C].

O coeficiente de transferência de calor por transmissão, $H_{tr,i}$, corresponde à soma das transferências de calor da envolvente exterior, H_{ext} , dos elementos da envolvente interior, H_{int} , (elementos em contato com espaços não úteis, H_{enu} , e edifícios adjacentes, H_{adj}) e dos elementos em contacto com o solo, H_{ecs} , sendo estas parcelas calculadas em função dos coeficientes de transmissão térmica e das áreas das envolventes, contabilizando também as pontes térmicas lineares.

Transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento, $Q_{ve,i}$

As perdas de calor por ventilação devido à renovação do ar interior durante a estação de aquecimento, $Q_{ve,i}$ [kWh], são determinadas pela aplicação das expressões 8 e 9, conforme o despacho 15793-I/2013:

$$Q_{ve,i} = 0,024 \times GD \times H_{ve,i} \quad (8)$$

onde,

$$H_{ve,i} = 0,34 \times R_{ph,i} \times A_p \times P_d \quad (9)$$

em que:

$H_{ve,i}$ - Coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento [W/°C];

$R_{ph,i}$ - Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento [h⁻¹];

A_p - Área interior útil de pavimento, medida pelo interior [m²];

P_d - Pé direito médio da fração [m].

Ganhos térmicos na estação de aquecimento, $Q_{gu,i}$

Os ganhos térmicos internos, $Q_{int,i}$, são função dos ganhos internos médios, da duração média da estação de aquecimento e da área útil de pavimento, de acordo com a expressão 10.

$$Q_{int,i} = 0,72 \times q_{int} \times M \times A_p \quad (10)$$

em que:

$Q_{int,i}$ - Ganhos térmicos internos na estação de aquecimento [kWh];

q_{int} - Ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície, iguais a 4 W/m²;

M - Duração média da estação convencional de aquecimento [mês];

A_p - Área interior útil de pavimento do edifício, medida pelo interior [m²].

Os ganhos térmicos solares através dos vãos envidraçados, determinam-se pela aplicação da fórmula 11:

$$Q_{sol,i} = G_{sul} \times \sum_j \left[X_j \times \sum_n F_{s,inj} \times A_{s,inj} \right] \times M \quad (11)$$

em que:

$Q_{sol,i}$ - Ganhos térmicos solares através dos vãos envidraçados na estação de aquecimento [kWh];

G_{sul} - Valor médio mensal de energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul, durante a estação de aquecimento, por unidade de superfície [kWh/m².mês];

X_j - Fator de orientação para as diferentes exposições;

F_{s,i,n_j} - Fator de obstrução do vão envidraçado n com orientação j na estação de aquecimento;

A_{s,i,n_j} - Área efetiva coletora de radiação solar do vão envidraçado na superfície n com a orientação j [m²];

j - Índice que corresponde a cada uma das orientações;

n - Índice que corresponde a cada uma das superfícies com a orientação j;

M - Duração média da estação convencional de aquecimento [mês].

A área efetiva coletora de radiação solar de cada vão envidraçado n com orientação j, é calculada através da expressão 12.

$$A_{s,v_nj} = A_w \times F_g \times g_i \quad (12)$$

em que:

A_w - Área total do vão envidraçado, incluindo o vidro e caixilho [m²];

F_g - Fração envidraçada do vão envidraçado, obtida de acordo com nº 9 do despacho nº 15793-K/2013;

g_i - Fator solar do vão envidraçado na estação de aquecimento.

Os ganhos térmicos úteis, $Q_{gu,i}$ [kWh], calculam-se dos ganhos térmicos brutos da estação de aquecimento, $Q_{g,i}$ [kWh], por aplicação de um fator de utilização de ganhos da estação de aquecimento, e de acordo com as expressões 13 e 14:

$$Q_{gu,i} = \eta_i \times Q_{g,i} \quad (13)$$

onde:

$$Q_{g,i} = Q_{int,i} + Q_{sol,i} \quad (14)$$

em que:

η_i - Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento;

$Q_{int,i}$ - Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor, na estação de aquecimento [kWh];

$Q_{sol,i}$ - Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados, na estação de aquecimento [kWh].

O fator de utilização dos ganhos térmicos quer para o aquecimento, η_i , quer para o arrefecimento, η_v , é função da inércia térmica do edifício e da relação entre os ganhos térmicos brutos da estação e a soma das transferências de calor por transmissão através da envolvente dos edifícios e das transferências de calor por ventilação, na estação em estudo, e determina-se por aplicação das expressões 15, 16, 17 e 18:

$$\text{se } \gamma \neq 1 \text{ e } \gamma > 1 \quad \rightarrow \quad \eta = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} \quad (15)$$

$$\text{se } \gamma = 1 \quad \rightarrow \quad \eta = \frac{a}{a+1} \quad (16)$$

$$\text{se } \gamma < 0 \quad \rightarrow \quad \eta = \frac{1}{\gamma} \quad (17)$$

onde:

$$\text{se } I_t \text{ é forte} \quad \rightarrow \quad a = 4,2 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$\text{se } I_t \text{ é média} \quad \rightarrow \quad a = 2,6 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$\text{se } I_t \text{ é fraca} \quad \rightarrow \quad a = 1,8 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$\gamma = \frac{Q_g}{(Q_{tr}+Q_{ve})} \quad (18)$$

em que:

Q_{tr} - Transferência de calor por transmissão através da envolvente dos edifícios, na estação em estudo [kWh];

Q_{ve} - Transferência de calor por ventilação na estação em estudo [kWh];

Q_g - Ganhos térmicos brutos na estação em estudo [kWh];

a - Parâmetro que traduz a influência da classe de inércia térmica;

I_t - Inércia térmica do edifício.

4.3.14. Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento, N_{vc} , e valor máximo de necessidades energéticas para arrefecimento, N_v .

As necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento, N_{vc} [kWh/m².ano], de acordo com o despacho nº 15793-I/2013, são função dos ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento por aplicação de um fator de utilização, por área útil de pavimento (equação 19).

$$N_{vc} = (1 - \eta_v) \times Q_{g,v}/A_p \quad (19)$$

em que:

$Q_{g,v}$ - Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento [kWh];

η_v - Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento;

A_p - Área interior útil de pavimento do edifício, medida pelo interior [m²].

As necessidades máximas, N_v , são determinadas com base na equação 19 mas com os valores de referência da Portaria n.º 349-B/2013 de 29 de novembro.

Transferência de calor por transmissão através da envolvente na estação de arrefecimento, $Q_{tr,v}$

As transferências de calor por transmissão, $Q_{tr,v}$, para a estação de arrefecimento são determinadas pela expressão 20, de acordo com o despacho 15793-I/2013:

$$Q_{tr,v} = H_{tr,v} \times (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \times \frac{L_v}{1000} \quad (20)$$

em que:

$Q_{tr,v}$ - Transferência de calor por transmissão na estação do arrefecimento [kWh];

$H_{tr,v}$ - Coeficiente de transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento [W/°C];

$\theta_{v,ref}$ - Temperatura de referência para o cálculo das necessidades de energia na estação de arrefecimento, igual a 25°C;

$\theta_{v,ext}$ - Temperatura média do ar exterior para a estação de arrefecimento, [°C];

L_v - Duração da estação de arrefecimento igual a 2928 horas.

O coeficiente de transferência de calor por transmissão na estação de verão, $H_{tr,v}$, é a soma entre as transferências de calor na envolvente exterior, H_{ext} , dos elementos da envolvente interior, H_{int} , (elementos em contacto com espaços não úteis, H_{enu}) e dos elementos em contacto com o solo, H_{ecs} , contabilizando também as pontes térmicas lineares.

Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento, $Q_{ve,v}$

A transferência de calor devido à renovação de ar interior durante a estação de arrefecimento, $Q_{ve,v}$, é calculada através da aplicação das fórmulas 21 e 22, segundo o despacho nº 15793-I/2013:

$$Q_{ve,v} = H_{ve,v} \times (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \times \frac{L_v}{1000} \quad (21)$$

onde,

$$H_{ve,v} = 0,34 \times R_{ph,v} \times A_p \times P_d \quad (22)$$

em que:

$Q_{ve,v}$ - Transferência de calor por ventilação na estação de arrefecimento [kWh];

$R_{ph,v}$ - Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento [h⁻¹];

A_p - Área interior útil de pavimento, medida pelo interior [m²];

P_d - Pé direito médio da fração [m];

$H_{ve,v}$ - Coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de arrefecimento [W/°C];

$\theta_{v,ref}$ - Temperatura de referência para o cálculo das necessidades de energia na estação de arrefecimento, igual a 25°C;

$\theta_{ext,v}$ - Temperatura média do ar exterior para a estação de arrefecimento [°C];

L_v - Duração da estação de arrefecimento igual a 2928 horas.

Ganhos térmicos na estação de arrefecimento, $Q_{int,v}$

Os ganhos térmicos internos da estação de arrefecimento, $Q_{int,v}$ [kWh], são determinados em função dos ganhos internos médios, da duração da estação de arrefecimento e da área útil do pavimento, de acordo com a expressão 23.

$$Q_{int,v} = q_{int} \times Ap \times \frac{L_v}{1000} \quad (23)$$

em que:

q_{int} - Ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície igual a 4W/m²;

Ap - Área interior útil de pavimento do edifício, medida pelo interior [m²];

L_v - Duração da estação de arrefecimento igual a 2928 horas.

Os ganhos térmicos solares pelos vãos envidraçados, são determinados pela equação 24:

$$Q_{sol,v} = \sum_j \left[G_{solj} \times \sum n \times F_{svnj} \times A_{s,vnj} \right] \quad (24)$$

em que:

G_{solj} - Energia solar média incidente numa superfície com orientação j durante toda a estação de arrefecimento [kWh/m²];

$A_{s,nj}$ - Área efetiva coletora de radiação solar da superfície do elemento n com a orientação j [m²];

j - Índice correspondente a cada uma das orientações por octante e à posição horizontal;

n - Índice correspondente a cada um dos elementos opacos e envidraçados com a orientação j;

$F_{s,vnj}$ - Fator de obstrução da superfície do elemento n, com a orientação j.

A - área efetiva coletora de radiação solar de cada vão envidraçado n com orientação j, é dada pela expressão 25.

$$A_{s,vnj} = A_w \times F_g \times g_v \quad (25)$$

em que:

A_w - Área total do vão envidraçado, incluindo o vidro e caixilho [m²];

F_g - Fração envidraçada do vão envidraçado, obtida de acordo com o n.º 9 do despacho n.º 15793-K/2013;

g_v - Fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento.

A área efetiva coletora de radiação solar de um elemento n da envolvente opaca, é determinada pela fórmula 26.

$$A_{s,v_{nj}} = \alpha \times U \times A_{op} \times R_{se} \quad (26)$$

em que:

α - Coeficiente de absorção de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca;

U - Coeficiente de transmissão térmica do elemento da envolvente opaca [W/m^2];

A_{op} - Área do elemento da envolvente opaca exterior [m^2];

R_{se} - Resistência térmica superficial exterior [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$].

4.3.15. Necessidades nominais anuais globais de energia primária, N_{tc} , valor máximo das necessidades energéticas, N_t

As necessidades nominais anuais de energia primária de um edifício de habitação, N_{tc} [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$], resultam da soma das necessidades nominais específicas de energia primária relacionadas com as diferentes utilizações: aquecimento, arrefecimento, produção de AQS e ventilação mecânica, deduzidas de eventuais contribuições de fontes de energia renovável e de acordo com a expressão 27:

$$N_{tc} = \sum_j \left[\sum_k \frac{f_{i,k} \times N_{ic}}{(\eta_k)} \right] \times f_{pu,j} + \sum_j \left[\sum_k \frac{f_{v,k} \times \delta \times N_{vc}}{(\eta_k)} \right] \times f_{pu,j} + \sum_j \left[\sum_k \frac{f_{a,k} \times \frac{Q_a}{A_p}}{(\eta_k)} \right] \times f_{pu,j} + \sum_j \frac{w_{vm,j}}{A_p} \times f_{pu,j} - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \times f_{pu,p} \quad (27)$$

em que:

N_{ic} - Necessidades de energia útil para aquecimento, supridas pelo sistema k [$kWh/(m^2 \cdot ano)$];

$f_{i,k}$ - Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema k ;

N_{vc} - Necessidades de energia útil para arrefecimento, supridas pelo sistema k [$kWh/(m^2 \cdot ano)$];

$f_{v,k}$ - Parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento supridas pelo sistema k ;

Q_a - Necessidades de energia útil para produção de AQS, supridas pelo sistema k [$kWh/(m^2 \cdot ano)$];

$f_{a,k}$ - Parcela das necessidades de energia útil para produção de AQS supridas pelo sistema k ;

η_k - Eficiência do sistema k ;

j - Todas as fontes de energia incluindo as de origem renovável;

p - Fontes de origem renovável;

$E_{ren,p}$ - Energia produzida a partir de fontes de origem renovável p [kWh/ano], incluindo apenas energia consumida e/ou exportada;

$w_{vm,j}$ - Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores [kWh/ano];

A_p - Área útil de pavimento [m²];

$f_{pu,j}$ e $f_{pu,p}$ - Fatores de conversão de energia útil para energia primária, [kWh_{EP}/kWh], indicados no despacho nº 15793D/2013, sendo: 2,5 kWh_{EP}/kWh para eletricidade e 1,0 kWh_{EP}/kWh para combustíveis sólidos, líquidos e gasosos não renováveis e também para energia térmica de origem renovável;

δ - Igual a 1, exceto para o uso de arrefecimento (N_{vc}) em que pode tomar ao valor de 0 sempre que o fator de utilização de ganhos térmicos seja superior ao respetivo fator de referência, o que representa as condições em que o risco de sobreaquecimento se encontra minimizado.

Preparação de AQS

As necessidades de energia útil para produção de AQS calculam-se através da aplicação das fórmulas 28 e 29:

$$Q_a = (M_{AQS} \times 4187 \times \Delta T \times \eta_d) / 3600000 \quad (28)$$

em que:

M_{AQS} - Consumo médio diário de referência [litros];

ΔT - Aumento de temperatura necessário a preparação das AQS e que, para efeitos do presente cálculo, toma o valor de referência de 35°C;

η_d - Número anual de dias de consumo de AQS de edifícios residenciais que, para efeitos do presente cálculo, se considera de 365 dias.

$$M_{AQS} = 40 \times n \times f_{eh} \quad (29)$$

em que:

n - Número convencional de ocupantes de cada fração autónoma, definido em função da tipologia da fração sendo que se deve considerar 2 ocupantes no caso da tipologia T0, e $n+1$ ocupantes nas tipologias do tipo T_n com $n>0$;

f_{eh} - Fator de eficiência hídrica, aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica, de acordo com um sistema de certificação de eficiência hídrica da responsabilidade de uma entidade independente reconhecida pelo sector das instalações prediais. Para chuveiros ou sistemas de duche com rótulo A ou superior, $f_{eh} = 0,9$, sendo que nos restantes casos, $f_{eh} = 1$. Em ambos os casos de estudo não existem indicações de ter sido aplicado isolamento na tubagem de distribuição de águas quentes sanitárias nem que os chuveiros ou

sistemas de duche da fração possuem certificado de eficiência hídrica com rótulo A ou superior, pelo que consideraram-se os valores por defeito.

O valor máximo das necessidades nominais anuais de energia primária, N_t , é determinado com base na equação 27 mas com os valores de referência da Portaria n.º 349-B/2013, suprimindo os consumos associados à ventilação mecânica e sistemas de aproveitamento de energias renováveis.

4.4. Resultados da aplicação REH aos edifícios existentes

A tabela 21 apresenta a síntese das características geométricas, construtivas e energéticas em resultado da aplicação do REH aos edifícios em estudo.

Tabela 21 – Resultados da aplicação do REH aos edifícios existentes.

Síntese		Edifício 1		Edifício 2	
	Ap (m ²)	62,85		98,43	
	Pd (m)	2,43		2,63	
	Aenv (m ²)	8,68		10,94	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte		Forte	
		Cálculo	Referência	Cálculo	Referência
A - Transmissão	Aenv/Ap	14%	14%	11%	11%
	Hext (W/°C)	197,5	70,5	326,1	90,6
	Hint (W/°C)	153,3	75,4	217,0	110,3
	Hecs (W/°C)	1	1	16	15
B - Ventilação	Htr (W/°C)	205,5	78,0	348,9	112,0
	Rph,i (h-1)	0,66	0,60	0,56	0,56
	Hve,i (W/°C)	34,3	31,2	49,3	49,3
	Rph,v (h-1)	0,66	-	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	34,3	-	52,8	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	1140	1140	1786	1786
	Qsol,i (kWh/ano)	1031	320	1289	502
	Qg,i (kWh/ano)	2171	1461	3074	2288
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	736	-	1153	-
	Qsol,v (kWh/ano)	2356	-	2407	-
	Qg,v (kWh/ano)	3092	3412	3560	5343
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	10949	4565	17388	6734
	Qve,i (kWh/ano)	1067	970	1534	1534
	η_i	1,00	0,60	1,00	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	2170	876	3073	1373
	Nic (kWh/m².ano)	156,66	74,00	161,01	70,00
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	2467	-	4188	-
	Qve,v (kWh/ano)	411	-	634	-
	η_v	0,78	0,83	0,91	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	3092	3412	3560	5343
	Nvc (kWh/m².ano)	10,94	9,00	3,33	9,00
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	391,64	185,29	402,53	175,15
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	9,76	8,22	0,00	8,22
	f_{eh}	1,00	1,00	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	28,37	28,37	30,19	30,19
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	36,65	32,99	55,91	35,10
	Vent. mecânica (kWhEP/m ² .ano)	-	-	-	-
	Eren (kWh/ano)	-	-	-	-
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	-	-	-	-
	Global (kWhEP/m².ano)	438,06	226,49	458,44	218,48

Da análise dos resultados obtidos verifica-se que as necessidades nominais anuais de arrefecimento, N_{vc} , dos edifícios apresentam valores muito baixos, embora para o edifício 1 estes ultrapassem os valores de N_v . Em ambos os casos de estudo, deve atuar-se no sentido de diminuir as necessidades nominais de aquecimento uma vez que os valores de N_{ic} , de 156,66 kWh/m².ano e 161,01 kWh/m².ano respetivamente para os edifícios 1 e 2, são significativos e ultrapassam no dobro os valores de N_i .

Os valores elevados dos indicadores de aquecimento de ambos os edifícios ocorrem devido à existência de perdas térmicas substanciais através dos elementos da envolvente designadamente, sendo estas maiores na envolvente exterior (vãos envidraçados, das paredes exteriores e cobertura), obtendo-se para a transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento, $Q_{tr,i}$, os valores 10949 kWh/ano e 17388 kWh/ano respetivamente para o edifício 1 e 2.

Na estação de aquecimento os ganhos térmicos internos, $Q_{int,i}$, dos edifícios 1 e 2 são respetivamente 1140 kWh/ano e 1786 kWh/ano e os ganhos térmicos solares, $Q_{sol,i}$, obtidos são 1031 kWh/ano e 1289 kWh/ano.

As transferências de calor correspondentes à renovação de ar interior, $Q_{ve,i}$, durante a estação de aquecimento são, para o edifício 1, de 1067 kWh/ano e, para o edifício 2, de 1534 kWh/ano.

4.4.1. Determinação da classe energética inicial

Os casos de estudo apresentam a classificação representada na Tabela 22.

Tabela 22 – Classificação energética dos edifícios existentes.

Edifício 1 – Solução inicial	Ntc (kWh _{EP} /(m ² .ano))	438,06	$Rnt = Ntc/Nt$	1,93	Classe Energética	D
	Nt (kWh _{EP} /(m ² .ano))	226,49				
Edifício 2 – Solução inicial	Ntc (kWh _{EP} /(m ² .ano))	458,44	$Rnt = Ntc/Nt$	2,10	Classe Energética	E
	Nt (kWh _{EP} /(m ² .ano))	218,48				

4.5. Caracterização das soluções de intervenção

Os materiais e os sistemas construtivos utilizados na construção de um edifício têm implicação direta nas condições de conforto no interior (na regulação das temperaturas interiores) e na redução das necessidades energéticas, através da capacidade para cumular ou evitar ganhos e perdas de calor no Verão e no Inverno.

As soluções no âmbito de uma reabilitação sustentável devem passar pelo uso de materiais sustentáveis entre outros e por intervenções de práticas de desenho passivo que não comprometam o conforto térmico dos ocupantes, como o recurso a tecnologias solares passivas, sombreamentos, proteção noturna, ventilação natural, melhoria da iluminação natural, e implementação de medidas ao nível do reforço da proteção térmica da envolvente e do controlo das infiltrações de ar não desejadas.

O reforço da proteção térmica pode ocorrer através do acréscimo do isolamento térmico (IT) dos elementos da envolvente opaca (nomeadamente de paredes exteriores, pavimentos sobre espaços exteriores ou não aquecidos e coberturas) e da envolvente transparente (vãos envidraçados). A este nível apresenta-se nas Figuras 107 e 108 um resumo das soluções de intervenção possíveis no âmbito da reabilitação energética.

Isolamento térmico (IT) em pavimentos:	
IT inferior: Sistemas compósitos de IT Revestimento isolantes Tectos-falsos	IT superior: Camada isolante de betão leve sob o revestimento Camada de IT sob piso flutuante
IT intermédio: Preenchimento dos vazios entre as vigotas dos pavimentos de madeira com um IT	
Isolamento térmico (IT) em paredes:	
IT exterior: Revestimentos não-isolantes independentes (com IT na caixa de ar) Sistemas compósitos de IT pelo exterior com revestimento sobre isolante (Vêtures) Revestimento isolantes	
IT Interior: Painéis isolantes pré-fabricados fixados Revestimentos reflectores Contra-fachada	IT na caixa de ar: Injecção de produtos a granel Injecção de espumas isolantes
Isolamento térmico (IT) em coberturas inclinadas:	
IT sobre as madres: Painéis isolantes especiais Mantas de material isolante Placas de material isolante	IT sob as varas: Mantas de material isolante Placas de material isolante Projectção de espumas isolantes Soluções reflectantes
Isolamento térmico (IT) em coberturas planas:	
IT superior: Cobertura invertida Suportes isolantes de impermeabilização	IT inferior: Tectos-falsos
IT intermédio: Isolante entre a laje e a camada de forma	

Figura 107 – Soluções de reforço da proteção térmica da envolvente opaca adaptado de [Ramos, 2009].

Reforço do isolamento dos vãos envidraçados:	
Substituição dos componentes dos vãos	Criação de janelas duplas
Utilização de envidraçados de elevado desempenho	Substituição de vidros simples por vidros duplos
Redução da permeabilidade do ar s/ substituição dos caixilhos por:	
afinação dos caixilhos com ajuste de posições	substituição de materiais envelhecidos das juntas
interposição de perfis vedantes nas juntas móveis	
Aplicação de 2º Caixilho	
Aplicação de protecções solares (oclusão noturna)	
Adição de dispositivos: Exteriores	Intercalares
	Interiores
Isolamento térmico das caixas de estore	

Figura 108 – Soluções de reforço da proteção térmica de vãos envidraçados adaptado de [Ramos, 2009].

O isolamento térmico oferece resistência à passagem dos fluxos de calor através dos elementos, contribuído a sua espessura e condutibilidade térmica aliados à sua correta aplicação para minimizar as trocas energéticas entre o espaço interior aquecido e o exterior.

A colocação do isolamento mais energeticamente eficaz seria na face exterior da envolvente, isto caso não haja outros condicionalismos construtivos, nomeadamente

arquitetónicos. Desta forma promove-se a eliminação das pontes térmicas do edifício evitando as perdas de calor nestas descontinuidades e inclusive das condensações que afetam a salubridade e durabilidade do edifício, e por outro lado o aumento da inércia térmica interior do edifício com maior massa dos elementos construtivos a contribuir para a estabilidade térmica.

A cobertura exterior é de grande relevância nas trocas térmicas, e tratando-se esta de um elemento a intervir a nível estrutural, a sua reabilitação exige a necessidade de empregar materiais isolantes na sua constituição.

O desempenho térmico dos vidros (espessura e número de vidros, baixa emissividade, bom isolamento térmico, etc.), a qualidade das caixilharias (material, corte térmico), e a proteção noturna são fatores que, quando conjugados, contribuem para resolver os problemas de perdas térmicas através destes elementos e diminuir as necessidades energéticas durante a estação de aquecimento.

O controlo das infiltrações de ar pode garantir-se através da reabilitação ou substituição da caixilharia exterior, bem como de outras medidas complementares, como por exemplo o reforço da vedação de portas exteriores, nomeadamente substituição do material vedante das juntas da caixilharia.

A ventilação contribui para o conforto térmico dos espaços interiores e para a qualidade do ar interior, através da renovação de ar, que quando obtida através de medidas passivas, concorre também para a diminuição das necessidades energéticas, nomeadamente a criação de aberturas na cobertura, normalmente por cima da caixa de escadas (efeito chaminé) favorecendo a ventilação natural.

O reforço da proteção térmica pode ocorrer também controlando os ganhos solares pelos vãos envidraçados, através da redução da área envidraçada, de proteções solares adequadas e de vidros de baixo fator solar, e assim evitar o sobreaquecimento dos espaços interiores na estação de arrefecimento. Em igual área envidraçada, a mais contribuidora para os ganhos solares é a localizada nas fachadas orientadas a Sul, devendo esta ser sombreada corretamente, se possível através de dispositivos de proteção exteriores. A Figura 109 apresenta um resumo das soluções gerais no âmbito da reabilitação energética ao nível do controlo dos ganhos solares.

Controlo dos ganhos solares: Controlo das propriedades solares-ópticas dos envidraçados Utilização de dispositivos de sombreamento Redução da área das aberturas envidraçadas

Figura 109 – Soluções de reforço da proteção térmica dos envidraçados através do controlo dos ganhos solares adaptado de [Ramos, 2009].

Potencialidades de intervenção na envolvente:

Em ambos os edifícios, as principais fragilidades identificadas e que constituem igualmente oportunidades de intervenção são a inexistência de isolamento nos elementos da envolvente e o vidro simples nos vãos envidraçados. Deste modo para

evitar as trocas de energia e potenciar os ganhos internos no inverno, devem ser sujeitas a intervenções de melhoria os seguintes elementos da envolvente:

- Paredes exteriores, adjacentes e em contacto com espaços não aquecidos;
- Coberturas exteriores;
- Envidraçados (os vidros e a caixilharia).

Na definição das propostas de reabilitação energética para os edifícios procura-se intervir com a aplicação de soluções que maximizem a sua eficiência do ponto de vista térmico, contudo como já referido anteriormente na área em estudo o contexto histórico, patrimonial e social desta zona implica, sobretudo, uma intervenção no sentido de preservação da identidade do património e de compatibilização com o existente.

A promoção da eficiência energética em edifícios existentes, a reabilitar, localizados em centros históricos urbanos, com condições construtivas pertencentes a outra época que não respondem às exigências funcionais atuais, deve ser planeada no sentido da melhoria do comportamento global, atendendo a escolha da solução de intervenção, segundo Ramos [2009], às “*seguintes premissas*”:

- *“Manutenção dos materiais existentes, sempre que for possível a sua manutenção sem o comprometimento das condições interiores;*
- *Manutenção das características exteriores para não afetar a imagem da área urbana que se pretende preservar;*
- *A melhoria do desempenho térmico sem o prejuízo de outras áreas como a qualidade do ar interior, através da aplicação de materiais poluentes, ou da criação de condições de insalubridade, por exemplo através do agravamento de problemas como humidades interiores.”*

Não sendo possível a aplicação de isolamento térmico dentro ou no exterior dos elementos da envolvente a reabilitar, em respeito da manutenção das características exteriores dos edifícios tem de proceder-se a intervenções pelo interior da mesma, introduzindo o isolamento como revestimento, em soluções leves ou pela aplicação de uma contra-fachada.

Relativamente aos vãos envidraçados de modo a diminuir os coeficientes de transmissão térmica, pode proceder-se à alteração dos vidros simples por vidros duplos ou a criação de janelas duplas, mediante a incorporação de um segundo caixilho, mantendo a caixilharia em madeira. Bem como à colocação de dispositivos de proteção noturna como portadas de madeira pelo interior das janelas.

4.5.1. Apresentação das soluções de intervenção adotadas

Como já referido, este trabalho irá incidir sobre as soluções mais comuns neste tipo de intervenções aplicadas na envolvente exterior.

Assim, identificadas as fragilidades e as oportunidades de melhoria, adota-se as seguintes propostas de intervenção:

Solução A – Alteração dos envidraçados

- Edifício 1 - retirada das proteções exteriores em estores de lâminas plásticas, e substituição das janelas por outras de vidro duplo incolor (4 a 8 mm + incolor 4 mm), mantendo o material da caixilharia em madeira. Colocação de portadas de madeira de cor clara pelo interior em todos os envidraçados.

- Edifício 2 - colocação de um 2º caixilho de madeira com vidro duplo incolor (4 a 8 mm + incolor 5 mm) sem quadrícula pelo interior dos vãos envidraçados já existentes.

Solução B – Isolamento térmico das paredes da envolvente exterior

- Edifício 1 – aplicação de reboco isolante tipo Weber therm aislone nas paredes exteriores pelo interior das mesmas;

- Edifício 2 - colocação de isolamento térmico de placas compostas EPS 10-60 em estrutura leve tipo Gyptec nas paredes exteriores pelo interior das mesmas.

Solução C – Isolamento térmico da cobertura

- Edifício 1 - colocação de isolamento em placas Roofmate pelo interior da cobertura exterior.

- Edifício 2 - colocação de isolamento de PLADUR LAN de lã de rocha pelo interior da cobertura exterior, criando um teto falso no desvão.

Adotaram-se soluções distintas para cada edifício de modo a analisar as melhorias que introduzem.

Solução D – Alteração dos envidraçados e isolamento térmico da cobertura

Para ambos os edifícios aplicam-se as soluções A e C em conjunto

A reabilitação energética das coberturas e dos vãos envidraçados são as ações mais registadas nas intervenções observadas na área em estudo, pelo que se considerou a presente solução conjunta.

Solução E – Aplicação conjunta das soluções anteriores.

Para ambos os edifícios aplicam-se as soluções A, B e C em conjunto.

As variantes analisadas tiveram em consideração a manutenção das características térmicas dos restantes elementos construtivos designadamente de compartimentação, da envolvente interior e da envolvente em contacto com o solo. Embora os coeficientes de transmissão térmica de alguns destes elementos sejam superiores aos valores máximos estabelecidos na portaria 349-B/2013, tal facto não será levado em consideração pois pretende-se a análise do desempenho térmico da envolvente exterior.

4.6. Aplicação do REH às soluções de intervenção e resultados

Neste ponto referem-se as principais alterações ocorridas nos parâmetros térmicos devido às intervenções de reabilitação adotadas e observa-se em que medida a sua implementação influencia o desempenho térmico e a classe energética.

4.6.1. Solução A - Alteração dos envidraçados

Em ambos os casos de estudo com a introdução de vidro duplo ou criação de janela dupla, o valor do coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado, U_{wdn} , diminui adoptando-se o valor de $2,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$. O cálculo foi realizado de acordo com o quadro III.3 do ITE 50, considerando-se para o efeito que os dispositivos de oclusão noturna, portadas de madeira, tem permeabilidade ao ar baixa.

No caso do Edifício 1, a substituição do vidro simples pelo vidro duplo escolhido, de acordo com o despacho nº 15793-K/2013 provoca alterações no fator solar do vidro, $g_{\perp,vi}$, que passa a 0,78, no cálculo do fator solar das protecções permanentes e móveis, $g_{\perp,T}$, que, considerando a retirada de todas as protecções exteriores e a introdução de portadas opacas interiores de cor clara, passa para 0,36, e no factor solar global de protecções permanentes, $g_{\perp,Tp}$, cujo valor é igual ao de $g_{\perp,vi}$, devido à inexistência de dispositivos de protecção permanentes.

No Edifício 2 a introdução de um segundo caixilho nos vãos envidraçados provoca alterações no fator solar do vidro, $g_{\perp,vi}$, que passa para 0,75, e conseqüentemente no fator solar global do vão que passa para 0,30. A classe de permeabilidade ao ar da caixilharia introduzida é classe 4, conduzindo a uma ligeira diminuição da taxa de renovação do ar interior na estação de aquecimento, $R_{ph,i}$, para 0,5/h.

Esta solução exerce uma influencia minima na melhoria do desempenho energético da envolvente, produz uma redução das perdas através da envolvente exterior na ordem dos 8% e a diminuição das necessidades energéticas globais, que refletem o consumo de energia, em 5% e 4% para os edificios 1 e 2 respectivamente (Tabela 23). Não altera a classificação energética anteriormente obtida como se demonstra na Tabela 24.

Tabela 23 – Resultados da aplicação do REH - solução A - envidraçados.

Síntese		Edifício 1			Edifício 2		
		Solução inicial	Melhoria – Solução A		Solução inicial	Melhoria – Solução A	
			Cálculo	Referência		Cálculo	Referência
A - Transmissão	<i>Hext</i> (W/°C)	197,5	182,6	68,7	326,1	300,9	90,6
	<i>Hint</i> (W/°C)	153,3	153,3	75,4	217,0	217,0	110,3
	<i>Heccs</i> (W/°C)	1	1	1	16	16	15
	<i>Htr</i> (W/°C)	205,5	190,6	76,2	348,9	323,7	112,0
B - Ventilação	<i>Rph,i</i> (h-1)	0,66	0,56	0,56	0,56	0,50	0,50
	<i>Hve,i</i> (W/°C)	34,3	29,1	29,1	49,3	44,0	44,0
	<i>Rph,v</i> (h-1)	0,66	0,60	-	0,60	0,60	-
	<i>Hve,v</i> (W/°C)	34,3	31,2	-	52,8	52,8	-
C - Ganhos Aquecimento	<i>Qint,i</i> (kWh/ano)	1140	1140	1140	1786	1786	1786
	<i>Qsol,i</i> (kWh/ano)	1031	946	320	1289	1137	502
	<i>Qg,i</i> (kWh/ano)	2171	2086	1461	3074	2923	2288
D - Ganhos Arrefecimento	<i>Qint,v</i> (kWh/ano)	736	736	-	1153	1153	-
	<i>Qsol,v</i> (kWh/ano)	2356	2209	-	2407	2274	-
	<i>Qg,v</i> (kWh/ano)	3092	2945	3412	3560	3427	5343
E - Energia nominal para Aquecimento	<i>Qtr,i</i> (kWh/ano)	10949	10485	4507	17388	16604	6734
	<i>Qve,i</i> (kWh/ano)	1067	905	905	1534	1370	1370
	η_i	1,00	1,00	0,60	1,00	1,00	0,60
	<i>Qgu,i</i> (kWh/ano)	2170	2085	876	3073	2922	1373
	<i>Nic</i> (kWh/m².ano)	156,66	148,05	72,00	161,01	152,93	68,00
F - Energia para Arrefecimento	<i>Qtr,v</i> (kWh/ano)	2467	2288	-	4188	3886	-
	<i>Qve,v</i> (kWh/ano)	411	374	-	634	634	-
	η_v	0,78	0,76	0,83	0,91	0,90	0,83
	<i>Qg,v</i> (kWh/ano)	3092	2945	3412	3560	3427	5343
	<i>Nvc</i> (kWh/m².ano)	10,94	11,02	9,00	3,33	3,45	9,00
G - Energia Global	<i>Aquecimto</i> (kWhEP/m ² .ano)	391,64	370,12	180,44	402,53	382,32	170,98
	<i>Arrefecimto</i> (kWhEP/m ² .ano)	9,76	9,84	8,22	0,00	0,00	8,22
	<i>feh</i>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	<i>Qa/AP</i> (kWh/m ² .ano)	28,37	28,37	28,37	30,19	30,19	30,19
	<i>AQS</i> (kWhEP/m ² .ano)	36,65	36,65	32,99	55,91	55,91	35,10
	<i>Vent. mec.</i> (kWhEP/m ² .ano)	-	-	-	-	-	-
	<i>Eren</i> (kWh/ano)	-	-	-	-	-	-
	<i>Renovável</i> (kWhEP/m ² .ano)	-	-	-	-	-	-
<i>Global</i> (kWhEP/m².ano)	438,06	416,61	221,64	458,44	438,22	214,30	

Tabela 24 – Classe energética dos edifícios após aplicação da solução A - alteração dos envidraçados.

Edifício 1 – Solução A	<i>Ntc</i> (kWh _{EP} /m ² .ano)	416,61	<i>Rnt</i> = <i>Ntc</i> / <i>Nt</i>	1,88	Classe Energética	D
	<i>Nt</i> (kWh _{EP} /m ² .ano)	221,64				
Edifício 2 – Solução A	<i>Ntc</i> (kWh _{EP} /m ² .ano)	438,22	<i>Rnt</i> = <i>Ntc</i> / <i>Nt</i>	2,04	Classe Energética	E
	<i>Nt</i> (kWh _{EP} /m ² .ano)	214,30				

4.6.2. Solução B - Isolamento térmico das paredes da envolvente exterior

Considerando a introdução de isolamento térmico pelo interior das paredes exteriores, verifica-se a diminuição do coeficiente de transmissão térmica, *U*, destes elementos assumindo estes os valores constantes nas Tabelas 25 e 26.

Os valores da condutibilidade térmica, resistência térmica e das massas foram retirados das fichas técnicas dos respectivos materiais e são:

- Edifício 1 - Isolamento em reboco isolante tipo Weber therm aislone

$$\lambda_{\text{rebocotérmico}} = 0,042 \text{ w/m.k}$$

$$\rho_{\text{rebocotérmico}} = 150,00 \text{ kg/m}^3$$

$$e_{\text{rebocotérmico}} = 0,07 \text{ m}$$

- Edifício 2 - Isolamento em placas de poliestireno expandido Gyptec

$$R_{\text{eps+placa}} = 1,59 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/w}$$

$$M_{\text{eps+placa}} = 7,60 \text{ kg/m}^2$$

$$e_{\text{eps+placa}} = 0,0695 \text{ m}$$

Tabela 25 – Caracterização das paredes exteriores do edifício 1 após aplicação da solução B.

PAREDES EXTERIORES	Orientação	Cor	Fachada Ventilada?	Área	sombreamento na est. de arrefecimento	U	U _{REF}
R/C	Oeste	Clara	Não	1,34	Fortemente Sombreado	0,46	0,50
Piso 1	Oeste	Clara	Não	7,47	Fortemente Sombreado	0,46	0,50
Piso 2	Oeste	Clara	Não	8,54	Fortemente Sombreado	0,47	0,50
Piso 3	Oeste	Clara	Não	8,61	Fortemente Sombreado	0,48	0,50
Sotão	Oeste	Clara	Não	4,91	Fortemente Sombreado	0,47	0,50

Tabela 26 – Caracterização das paredes exteriores do edifício 2 após aplicação da solução B.

PAREDES EXTERIORES	Orientação	Cor	Fachada Ventilada	Área	sombreamento na est. de arrefecimento	U	U _{REF}
Fachada principal - r/chão	Oeste	Clara	Não	2,82	Fortemente Sombreado	0,45	0,50
Fachada principal - 1º andar	Oeste	Clara	Não	7,96	Fortemente Sombreado	0,45	0,50
Fachada principal - 2º andar	Oeste	Clara	Não	7,99	Fortemente Sombreado	0,45	0,50
Fachada principal - 3º andar	Oeste	Clara	Não	8,29	Fortemente Sombreado	0,45	0,50
Fachada principal - Águas furtadas	Oeste	Clara	Não	5,68	Fortemente Sombreado	0,45	0,50
Fachada posterior - 1º andar	Este	Clara	Não	2,64	Sombreamento Normal/Standard	0,45	0,50
Fachada posterior - 2º andar	Este	Clara	Não	4,78	Sombreamento Normal/Standard	0,45	0,50
Fachada posterior - 2º andar (2)	Este	Clara	Não	2,97	Sombreamento Normal/Standard	0,45	0,50
Fachada posterior - 3º andar	Este	Clara	Não	8,29	Sombreamento Normal/Standard	0,45	0,50
Fachada posterior - Águas furtadas	Este	Clara	Não	5,40	Sombreamento Normal/Standard	0,45	0,50
Parede a Oeste	Oeste	Clara	Não	5,21	Sombreamento Normal/Standard	0,45	0,50

A reabilitação com isolamento pelo interior implica a neutralização parcial das massas térmicas e a redução a área útil do pavimento. Com as alterações introduzidas nestes dois fatores o valor de I_t altera, para o Edifício 1 está entre 150 e 400 kg/m² assim de acordo com o indicado na tabela 11 do ponto 6 alínea 2 do despacho anexo do REH obtém-se uma classe de inércia térmica média. Para o edifício 2 a alteração destes fatores diminui a inércia térmica contudo esta mantém-se na classe forte.

Considerando o isolamento interior das paredes, passam a utilizar-se os coeficientes de transmissão térmica linear por defeito constantes da tabela 07 do despacho nº 15793 - K/2013 à exceção dos valores de ψ em elementos sem isolamento.

A utilização do reboco térmico, no edifício 1, permite reduzir o valor de N_{ic} em 17%. No edifício 2 com a aplicação do poliestireno expandido obtém uma classe energética D e o valor de N_{ic} diminui em 12,6%. Os resultados constam das Tabelas 27 e 28.

Tabela 27 – Resultados da aplicação do REH - solução B - isolamento das paredes exteriores.

Síntese	Edifício 1			Edifício 2			
	Solução inicial	Melhoria – Solução B		Solução inicial	Melhoria – Solução B		
		Cálculo	Referência		Cálculo	Referência	
A - Transmissão	H_{ext} (W/°C)	197,5	137,5	70,5	326,1	213,1	90,6
	H_{int} (W/°C)	153,3	153,3	75,4	217,0	217,0	110,3
	H_{ecs} (W/°C)	1	1	1	16	16	15
	H_{tr} (W/°C)	205,5	145,5	78,0	348,9	235,9	112,0
B - Ventilação	$R_{ph,i}$ (h-1)	0,66	0,66	0,60	0,56	0,56	0,56
	$H_{ve,i}$ (W/°C)	34,3	33,6	30,6	49,3	44,0	44,0
	$R_{ph,v}$ (h-1)	0,66	0,66	-	0,60	0,60	-
	$H_{ve,v}$ (W/°C)	34,3	33,6	-	52,8	47,1	-
C - Ganhos Aquecimento	$Q_{int,i}$ (kWh/ano)	1140	1118	1118	1786	1594	1594
	$Q_{sol,i}$ (kWh/ano)	1031	1031	314	1289	1289	448
	$Q_{g,i}$ (kWh/ano)	2171	2149	1432	3074	2883	2042
D - Ganhos Arrefecimento	$Q_{int,v}$ (kWh/ano)	736	722	-	1153	1029	-
	$Q_{sol,v}$ (kWh/ano)	2356	2021	-	2407	1769	-
	$Q_{g,v}$ (kWh/ano)	3092	2743	3345	3560	2798	4770
E - Energia nominal para Aquecimento	$Q_{tr,i}$ (kWh/ano)	10949	9080	4565	17388	13872	6734
	$Q_{ve,i}$ (kWh/ano)	1067	1046	951	1534	1370	1370
	η_i	1,00	0,99	0,60	1,00	1,00	0,60
	$Q_{gu,i}$ (kWh/ano)	2170	2119	859	3073	2881	1225
	N_{ic} (kWh/m².ano)	156,66	129,92	76,00	161,01	140,66	78,00
F - Energia para Arrefecimento	$Q_{tr,v}$ (kWh/ano)	2467	1746	-	4188	2832	-
	$Q_{ve,v}$ (kWh/ano)	411	403	-	634	566	-
	η_v	0,78	0,63	0,83	0,91	0,88	0,83
	$Q_{g,v}$ (kWh/ano)	3092	2743	3345	3560	2798	4770
	N_{vc} (kWh/m².ano)	10,94	16,48	9,00	3,33	3,91	9,00
G - Energia Global	$A_{quecimto}$ (kWhEP/m ² .ano)	391,64	324,81	188,88	402,53	351,65	195,69
	$A_{refecimto}$ (kWhEP/m ² .ano)	9,76	14,71	8,22	0,00	0,00	8,22
	f_{eh}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Q_a/A_p (kWh/m ² .ano)	28,37	28,93	28,93	30,19	33,81	33,81
	A_{QS} (kWhEP/m ² .ano)	36,65	37,38	33,64	55,91	62,62	39,32
	$Vent. mec.$ (kWhEP/m ² .ano)	-	-	-	-	-	-
	E_{ren} (kWh/ano)	-	-	-	-	-	-
	$Renovável$ (kWhEP/m ² .ano)	-	-	-	-	-	-
	Global (kWhEP/m².ano)	438,06	376,90	230,74	458,44	414,27	243,22

Tabela 28 – Classe energética dos edifícios após aplicação da solução B - isolamento das paredes exteriores.

Edifício 1 – Solução B	N_{tc} (kWh _{EP} /m ² .ano)	376,90	$R_{nt} = N_{tc}/N_t$	1,63	Classe Energética	D
	N_t (kWh _{EP} /m ² .ano)	230,74				
Edifício 2 – Solução B	N_{tc} (kWh _{EP} /m ² .ano)	414,27	$R_{nt} = N_{tc}/N_t$	1,70	Classe Energética	D
	N_t (kWh _{EP} /m ² .ano)	243,22				

4.6.3. Solução C - Isolamento térmico da cobertura

Com a introdução de isolamento pelo interior da cobertura verifica-se a diminuição dos coeficientes de transmissão térmica ascendente e descendente (Tabelas 29 e 30), e a massa deste elemento não é contabilizada no cálculo da inércia térmica. Para os cálculos foram adotados os valores característicos constantes das fichas técnicas comerciais dos respetivos materiais, tais que:

- Edifício 1 - Isolamento com placas de roofmate

$$R_{\text{roofmate}} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}; \quad \rho_{\text{roofmate}} = 35 \text{ kg}/\text{m}^3; \quad e_{\text{roofmate}} = 0,035 \text{ m}$$

- Edifício 2 - Isolamento com pladur

$$R_{\text{placa de pladur}} = 0,92 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$$

Tabela 29 – Caracterização das coberturas exteriores do edifício 1 após aplicação da solução C.

COBERTURAS EXTERIORES Descrição	Cor	Revestimento com caixa-de-ar ventilada?	Grau de ventilação ⁽¹⁾	Emissividade ⁽¹⁾	Área m ²	U _{ascendente} W/m ² ·°C	U _{descendente} W/m ² ·°C	U _{REF} W/m ² ·°C
Cobertura Telha	Média	Não			11,55	0,79	0,71	0,40
Mansarda	Média	Não			5,42	0,79	0,71	0,40

Tabela 30 – Caracterização das coberturas exteriores do edifício 2 após aplicação da solução C.

COBERTURAS EXTERIORES Descrição	Cor	Revestimento com caixa-de-ar ventilada?	Grau de ventilação ⁽¹⁾	Emissividade ⁽¹⁾	Área m ²	U _{ascendente} W/m ² ·°C	U _{descendente} W/m ² ·°C	U _{REF} W/m ² ·°C
Cobertura	Média	Sim	Fracamente	Normal	32,55	0,85	0,76	0,40

Esta solução conduz a uma diminuição das perdas pela envolvente exterior de 25,87% e 20,70% e a uma redução das necessidades de aquecimento de 16,14% e 13,33%, respetivamente para os edifícios 1 e 2 como se observa na Tabela 31.

Na tabela 32 podem observar-se as classes energéticas obtidas com esta intervenção.

Tabela 31 – Resultados da aplicação do REH - solução C - isolamento da cobertura.

Síntese		Edifício 1			Edifício 2		
		Solução inicial	Melhoria – Solução C		Solução inicial	Melhoria – Solução C	
			Cálculo	Referência		Cálculo	Referência
A - Transmissão	<i>Hext</i> (W/°C)	197,5	146,4	70,5	326,1	258,6	90,6
	<i>Hint</i> (W/°C)	153,3	153,3	75,4	217,0	217,0	110,3
	<i>Heccs</i> (W/°C)	1	1	1	16	16	15
	<i>Htr</i> (W/°C)	205,5	154,4	78,0	348,9	281,4	112,0
B - Ventilação	<i>Rph,i</i> (h-1)	0,66	0,66	0,60	0,56	0,50	0,50
	<i>Hve,i</i> (W/°C)	34,3	34,3	31,2	49,3	44,0	44,0
	<i>Rph,v</i> (h-1)	0,66	0,66	-	0,60	0,60	-
	<i>Hve,v</i> (W/°C)	34,3	34,3	-	52,8	52,8	-
C - Ganhos Aquecimento	<i>Qint,i</i> (kWh/ano)	1140	1140	1140	1786	1786	1786
	<i>Qsol,i</i> (kWh/ano)	1031	1031	320	1289	1137	502
	<i>Qg,i</i> (kWh/ano)	2171	2171	1461	3074	2923	2288
D - Ganhos Arrefecimento	<i>Qint,v</i> (kWh/ano)	736	736	-	1153	1153	-
	<i>Qsol,v</i> (kWh/ano)	2356	1855	-	2407	2488	-
	<i>Qg,v</i> (kWh/ano)	3092	2591	3412	3560	3640	5343
E - Energia nominal para Aquecimento	<i>Qtr,i</i> (kWh/ano)	10949	9359	4565	17388	15287	6734
	<i>Qve,i</i> (kWh/ano)	1067	1067	970	1534	1370	1370
	η_i	1,00	1,00	0,60	1,00	1,00	0,60
	<i>Qgu,i</i> (kWh/ano)	2170	2169	876	3073	2921	1373
	<i>Nic</i> (kWh/m².ano)	156,66	131,37	74,00	161,01	139,55	68,00
F - Energia para Arrefecimento	<i>Qtr,v</i> (kWh/ano)	2467	1854	-	4188	3378	-
	<i>Qve,v</i> (kWh/ano)	411	411	-	634	634	-
	η_v	0,78	0,75	0,83	0,91	0,84	0,83
	<i>Qg,v</i> (kWh/ano)	3092	2591	3412	3560	3640	5343
	<i>Nvc</i> (kWh/m².ano)	10,94	10,31	9,00	3,33	5,74	9,00
G - Energia Global	<i>Aquecimto</i> (kWhEP/m ² .ano)	391,64	328,43	185,29	402,53	348,87	170,98
	<i>Arrefecimto</i> (kWhEP/m ² .ano)	9,76	9,20	8,22	0,00	0,00	8,22
	<i>feh</i>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	<i>Qa/AP</i> (kWh/m ² .ano)	28,37	28,37	28,37	30,19	30,19	30,19
	<i>AQS</i> (kWhEP/m ² .ano)	36,65	36,65	32,99	55,91	55,91	35,10
	<i>Vent. mec.</i> (kWhEP/m ² .ano)	-	-	-	-	-	-
	<i>Eren</i> (kWh/ano)	-	-	-	-	-	-
	<i>Renovável</i> (kWhEP/m ² .ano)	-	-	-	-	-	-
	<i>Global</i> (kWhEP/m².ano)	438,06	374,29	226,49	458,44	404,78	214,30

Tabela 32 – Classe energética dos edifícios após aplicação da solução C - isolamento da cobertura.

Edifício 1 – Solução C	<i>Ntc</i> (kWh _{EP} /m ² .ano)	374,28	$Rnt = Ntc/Nt$	1,65	Classe Energética	D
	<i>Nt</i> (kWh _{EP} /m ² .ano)	226,49				
Edifício 2 – Solução C	<i>Ntc</i> (kWh _{EP} /m ² .ano)	404,78	$Rnt = Ntc/Nt$	1,89	Classe Energética	D
	<i>Nt</i> (kWh _{EP} /m ² .ano)	214,30				

4.6.4. Solução D - Alteração dos envidraçados e isolamento térmico da cobertura

Como referido anteriormente a reabilitação energética das coberturas e dos vãos envidraçados são as ações mais registadas nas intervenções observadas na área em estudo.

Como se demonstra nas Tabelas 33 e 34, este tipo de intervenção resulta numa clara redução das necessidades globais energéticas, observando uma diminuição dos

valores superior a 19% em ambos os edifícios. É de referir o seu contributo para a elevação da classificação energética.

Tabela 33 – Resultados da aplicação do REH - solução D - alteração dos envidraçados e isolamento da cobertura.

Síntese	Edifício 1				Edifício 2		
	Solução inicial	Melhoria – Solução D		Solução inicial	Melhoria – Solução D		
		Cálculo	Referência		Cálculo	Referência	
A - Transmissão	<i>Hext</i> (W/°C)	197,5	131,5	68,7	326,1	204,9	90,6
	<i>Hint</i> (W/°C)	153,3	153,3	75,4	217,0	217,0	110,3
	<i>Heccs</i> (W/°C)	1	1	1	16	16	15
	<i>Htr</i> (W/°C)	205,5	139,5	76,2	348,9	227,7	112,0
B - Ventilação	<i>Rph,i</i> (h-1)	0,66	0,56	0,56	0,56	0,50	0,50
	<i>Hve,i</i> (W/°C)	34,3	29,1	29,1	49,3	44,0	44,0
	<i>Rph,v</i> (h-1)	0,66	0,60	-	0,60	0,60	-
	<i>Hve,v</i> (W/°C)	34,3	31,2	-	52,8	52,8	-
C - Ganhos Aquecimento	<i>Qint,i</i> (kWh/ano)	1140	1140	1140	1786	1786	1786
	<i>Qsol,i</i> (kWh/ano)	1031	946	320	1289	1137	502
	<i>Qg,i</i> (kWh/ano)	2171	2086	1461	3074	2923	2288
D - Ganhos Arrefecimento	<i>Qint,v</i> (kWh/ano)	736	736	-	1153	1153	-
	<i>Qsol,v</i> (kWh/ano)	2356	1708	-	2407	2040	-
	<i>Qg,v</i> (kWh/ano)	3092	2444	3412	3560	3193	5343
E - Energia nominal para Aquecimento	<i>Qtr,i</i> (kWh/ano)	10949	8895	4507	17388	13615	6734
	<i>Qve,i</i> (kWh/ano)	1067	905	905	1534	1370	1370
	η_i	1,00	1,00	0,60	1,00	1,00	0,60
	<i>Qgu,i</i> (kWh/ano)	2170	2084	876	3073	2920	1373
	<i>Nic</i> (kWh/m².ano)	156,66	122,77	72	161,01	122,57	68
F - Energia para Arrefecimento	<i>Qtr,v</i> (kWh/ano)	2467	1675	-	4188	2733	-
	<i>Qve,v</i> (kWh/ano)	411	374	-	634	634	-
	η_v	0,78	0,73	0,83	0,91	0,83	0,83
	<i>Qg,v</i> (kWh/ano)	3092	2444	3412	3560	3193	5343
	<i>Nvc</i> (kWh/m².ano)	10,94	10,47	9	3,33	5,56	9
G - Energia Global	<i>Aquecimto</i> (kWhEP/m ² .ano)	391,64	306,92	180,44	402,53	306,43	170,98
	<i>Arrefecimto</i> (kWhEP/m ² .ano)	9,76	9,35	8,22	0,00	4,97	8,22
	<i>feh</i>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	<i>Qa/Ap</i> (kWh/m ² .ano)	28,37	28,37	28,37	30,19	30,19	30,19
	<i>AQS</i> (kWhEP/m ² .ano)	36,65	36,65	32,99	55,91	55,91	35,10
	<i>Vent. mec.</i> (kWhEP/m ² .ano)	-	-	-	-	-	-
	<i>Eren</i> (kWh/ano)	-	-	-	-	-	-
	<i>Renovável</i> (kWhEP/m ² .ano)	-	-	-	-	-	-
<i>Global</i> (kWhEP/m².ano)	438,06	352,92	221,64	458,44	367,31	214,30	

Tabela 34 – Classe energética dos edifícios após aplicação da solução D - alteração dos envidraçados e isolamento da cobertura.

Edifício 1 – Solução D	Ntc (kWh _{EP} /m ² .ano)	352,92	$Rnt = Ntc/Nt$	1,59	Classe Energética	C
	Nt (kWh _{EP} /m ² .ano)	221,64				
Edifício 2 – Solução D	Ntc (kWh _{EP} /m ² .ano)	367,31	$Rnt = Ntc/Nt$	1,75	Classe Energética	D
	Nt (kWh _{EP} /m ² .ano)	214,30				

4.6.5. Solução E - Aplicação conjunta das soluções anteriores.

Este ponto corresponde aos valores obtidos após a implementação de todas as intervenções em conjunto.

Com esta medida há uma redução significativa na ordem de 65% para o edifício 1 e de 73% para o edifício 2 nas perdas através da envolvente exterior opaca e pelos vãos envidraçados, e as necessidades globais de energia apresentam valores significativamente inferiores aos da solução inicial, uma diminuição de 34% para os edifícios 1 e de 32% para o edifício 2. Em ambos os edifícios, o conjunto das intervenções permite a obtenção da classe energética C (Tabelas 35 e 36).

Tabela 35 – Resultados da aplicação do REH - solução E - aplicação das soluções A, B e C.

Síntese		Edifício 1			Edifício 2		
		Solução inicial	Melhoria – Solução E		Solução inicial	Melhoria – Solução E	
			Cálculo	Referência		Cálculo	Referência
Ap (m ²)		62,85	61,63		98,43		
Pd (m)		2,43	2,43		2,63		
Aenv (m ²)		8,68	8,68		10,94		
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte	Média		Forte		
A - Transmissão	Hext (W/°C)	197,5	68,8	68,7	326,1	88,3	90,6
	Hint (W/°C)	153,3	153,3	75,4	217,0	217,0	110,3
	Hecs (W/°C)	1	1	1	16	16	15
	Htr (W/°C)	205,5	76,8	76,2	348,9	111,1	112,0
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,66	0,56	0,56	0,56	0,50	0,50
	Hve,i (W/°C)	34,3	28,5	28,5	49,3	39,3	39,3
	Rph,v (h-1)	0,66	0,60	-	0,60	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	34,3	30,6	-	52,8	47,1	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	1140	1118	1118	1786	1594	1594
	Qsol,i (kWh/ano)	1031	946	314	1289	1137	448
	Qg,i (kWh/ano)	2171	2064	1432	3074	2731	2042
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	736	722	-	1153	1029	-
	Qsol,v (kWh/ano)	2356	1373	-	2407	1403	-
	Qg,v (kWh/ano)	3092	2095	3345	3560	2432	4770
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	10949	6942	4507	17388	9985	6734
	Qve,i (kWh/ano)	1067	888	888	1534	1223	1223
	η_i	1,00	0,98	0,60	1,00	1,00	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	2170	2016	859	3073	2726	1225
	Nic (kWh/m².ano)	156,66	94,33	74,00	161,01	96,53	77,00
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	2467	922	-	4188	1333	-
	Qve,v (kWh/ano)	411	367	-	634	566	-
	η_v	0,78	0,53	0,83	0,91	0,70	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	3092	2095	3345	3560	2432	4770
	Nvc (kWh/m².ano)	10,94	15,83	9,00	3,33	8,37	9,00
G - Energia Global	Aquecimto (kWhEP/m ² .ano)	391,64	235,83	183,99	402,53	241,31	191,51
	Arrefecimto (kWhEP/m ² .ano)	9,76	14,13	8,22	0,00	7,48	8,22
	feh	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	28,37	28,93	28,93	30,19	33,81	33,81
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	36,65	37,38	33,64	55,91	62,62	39,32
	Vent. mec. (kWhEP/m ² .ano)	-	-	-	-	-	-
	Eren (kWh/ano)	-	-	-	-	-	-
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	-	-	-	-	-	-
Global (kWhEP/m².ano)	438,06	287,34	225,85	458,44	311,41	239,05	

Tabela 36 – Classe energética dos edifícios após aplicação da solução E - aplicação das soluções A, B e C.

Edifício 1 – Solução E	Ntc (kWh _{EP} /(m ² .ano))	287,34	$Rnt = Ntc/Nt$	1,27	Classe Energética	C
	Nt (kWh _{EP} /(m ² .ano))	225,85				
Edifício 2 – Solução E	Ntc (kWh _{EP} /(m ² .ano))	311,41	$Rnt = Ntc/Nt$	1,30	Classe Energética	C
	Nt (kWh _{EP} /(m ² .ano))	239,05				

4.7. Análise e conclusões da avaliação comparativa das diversas soluções

Após a aplicação do REH através da metodologia explanada ao longo deste capítulo, primeiramente ao edifício com as suas características construtivas iniciais e posteriormente às soluções de melhoria propostas, pode retirar-se da análise dos resultados várias conclusões que permitem avaliar as medidas implementadas aquando da reabilitação de um edifício semelhante aos que foram estudados.

O REH dá especial importância à envolvente impondo valores máximos aos parâmetros térmicos que afetam negativamente o comportamento da envolvente de modo a limitar o fluxo energético com o exterior. Considerando o carácter fundamental da envolvente exterior na obtenção das condições de conforto interior desejadas, sendo que constitui a primeira barreira às condições exteriores adversas, verifica-se que a sua reabilitação tem um contributo real na redução das necessidades energéticas globais.

Considerando as características e especificidades dos edifícios localizados numa zona antiga, observa-se que as intervenções na envolvente exterior adotadas contribuem para melhorar desempenho térmico desta sendo que conduzem a uma melhoria das suas características térmicas, nomeadamente os coeficientes de transmissão térmica aproximam-se dos valores de referência indicados na Portaria nº 349-B para a zona climática em análise (Tabela 37), constituindo assim possíveis ações de promoção eficiência energética do edifício uma vez que, em maior ou menor percentagem, diminuem as suas necessidades energéticas.

Tabela 37 – Comparação dos coeficientes de transmissão térmica superficiais da envolvente exterior (W/m²°C).

ELEMENTO	U existente	U reabilitação	U máximo	U Referência
Edifício 1	W/m ² .°C			
Paredes	2,02 - 2,49	0,46 - 0,48	1,75	0,50
Coberturas	3,80 (asc.)	0,79	1,25	0,40
Caixilharias	3,40	2,00	-	2,90
Edifício 2	W/m ² .°C			
Paredes	2,17	0,45	1,75	0,50
Coberturas	3,80 (asc.)	0,85	1,25	0,40
Caixilharias	4,30	2,00	-	2,90

Note-se que os edifícios nas condições iniciais sem qualquer isolamento e com os envidraçados simples de caixilharia em madeira, apresentam valores de U dos elementos constituintes da envolvente exterior do edifício que ultrapassam os valores máximos do regulamento e valores de necessidades globais energéticas muito mais elevados, de 438,06 kWh_{EP}/m².ano para o edifício 1 e de 458,44 kWh_{EP}/m².ano para o edifício 2.

As intervenções ao nível da envolvente exterior são por si só insuficientes para que o edifício satisfaça o limite máximo das necessidades de energia contudo os resultados revelam a extrema importância destas ações.

As medidas com introdução de isolamento térmico, têm significativo impacto nas necessidades globais energéticas permitindo uma redução de cerca de 14% e 9,6% para os edifícios 1 e 2 respetivamente, quando aplicado nas paredes exteriores e de 14,6% para o edifício 1 e de 11,7% para o edifício 2, quando aplicado na cobertura. Esta observação permite indicar o isolamento térmico como uma opção válida para toda a envolvente aquando da reabilitação energética deste tipo de edifícios.

A avaliação das diversas soluções é também conclusiva no que diz respeito à necessidade de uma intervenção global para uma reabilitação energética eficaz.

A implementação da solução E, aplicação do conjunto das medidas de melhoria, é a solução que conduz ao melhor comportamento térmico da envolvente exterior dos edifícios. Este desempenho é reflexo dos resultados obtidos, como se pode observar na Figura 110, avaliando-se por exemplo o parâmetro N_{tc} esta solução apresenta uma redução em 34% e 32% nas necessidades globais de energia primária, dos edifícios 1 e 2 respetivamente, e com uma maior aproximação às condições de referência, sendo $N_{tc}/N_t = 1,27$ para o edifício 1 e $N_{tc}/N_t = 1,30$ para o edifício 2 obtém-se a classe energética C. Esta solução promove um ligeiro aumento das necessidades de arrefecimento, N_{vc} , com valores de 15,83 kWh/m².ano e 8,37 kWh/m².ano, mas em contraponto os valores de N_{ic} diminuem em cerca de 40%.



Figura 110 – Comparação dos resultados de N_{tc} , N_{vc} e N_{tc} das diversas soluções para ambos os casos de estudo.

4.8. Análise energética do edifício 1 segundo o *EnergyPlus* - Metodologia e opções para a aplicação

4.8.1. Introdução

Para além do REH, existem outras ferramentas de análise energética que podem ser utilizadas no estudo do comportamento térmico.

Nesse sentido, foi aplicado ao edifício 1 a ferramenta de análise dinâmica *EnergyPlus* do programa informático *DesignBuilder*, que efetua a simulação energética e de perdas térmicas, assim como o cálculo das necessidades de aquecimento e de arrefecimento.

A possibilidade de introdução de zonas térmicas na fração autónoma a analisar e de uma vasta gama de parâmetros, assim como de criação de inúmeros cenários fazem do *EnergyPlus* uma ferramenta complexa, e uma mais-valia no auxílio ao estudo térmico de soluções com vista a otimizar a eficiência energética quer de edifícios existentes quer em fase de projeto [Costa, 2013].

O *DesignBuilder* é o programa de interface gráfica da ferramenta *EnergyPlus*, além do acesso ao simulador dinâmico permite também a modelação tridimensional do edifício, a introdução dos dados e a visualização diferenciada dos múltiplos resultados. Para agilizar a modelação e a introdução de dados existem bibliotecas pré definidas, de modelos e de componentes, que podem ser adaptadas pelo utilizador, alterando ou acrescentando elementos (como novas soluções construtivas e materiais e suas propriedades físicas). Neste trabalho são utilizadas a versão do *DesignBuiderv* 2.4.4.026 e o *EnergyPlus* 6.0.0.

O processo de simulação energética com *EnergyPlus* está representado na Figura 111 e consiste numa metodologia de três etapas:

- Criação do modelo no programa *DesignBuilder* e introdução dos dados necessários à sua definição e caracterização.
- Simulação pelo programa, tendo em conta o ficheiro de dados climáticos e os critérios de cálculo propostos.
- Obtenção dos resultados das variáveis solicitadas para a análise comparativa destas variáveis e soluções, sendo realizada a sua análisee posterior retirada de conclusões.

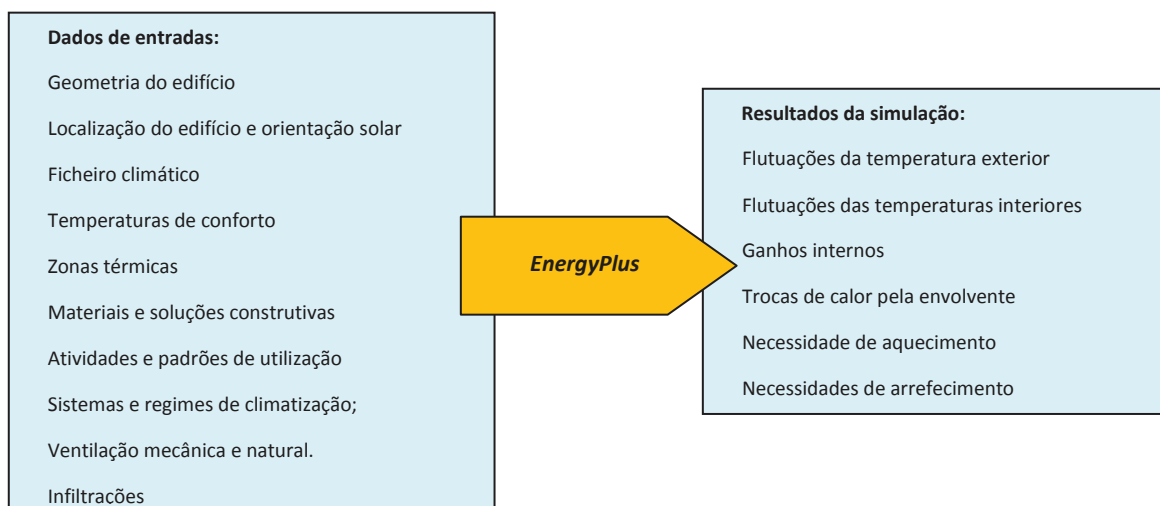


Figura 111 – Esquema geral do processo de simulação com o *EnergyPlus*.

4.8.2. Definição do modelo e geometria

A modelação do edifício foi efetuada no *DesignBuilder*, considerando a sua localização e orientação reais (Figura 112).



Figura 112 – Vista isométrica do edifício modelo desenhado no *Designbuilder*.

A sua conceção foi feita de forma a assemelhar-se ao caso de estudo quer em termos geométricos e dimensionais, quer de sistemas e de solução construtiva, nomeadamente: edifício de elevada inércia térmica, elementos sem isolamento

térmico e com coeficientes de transmissão térmica elevados resultando em perdas substanciais pela envolvente e maioritariamente necessidades energéticas de aquecimento.

Para o edifício existente foram realizadas simulações em 3 cenários diferentes:

- Cenário 1 - Edifício existente isolado
- Cenário 2 - Edifício existente com edifícios envolventes formados por superfícies, considerando somente as suas volumetrias.
- Cenário 3 - Edifício existente com edifícios envolventes formados por blocos de massa, considerando as suas volumetrias, e com a constituição e espessura das paredes iguais às do edifício em estudo.

Estas variações foram propostas com o objetivo de se compreender melhor o efeito sobre o edifício do forte sombreamento e das grandes massas de armazenamento térmico que constituem os edifícios envolventes (Figura 113).

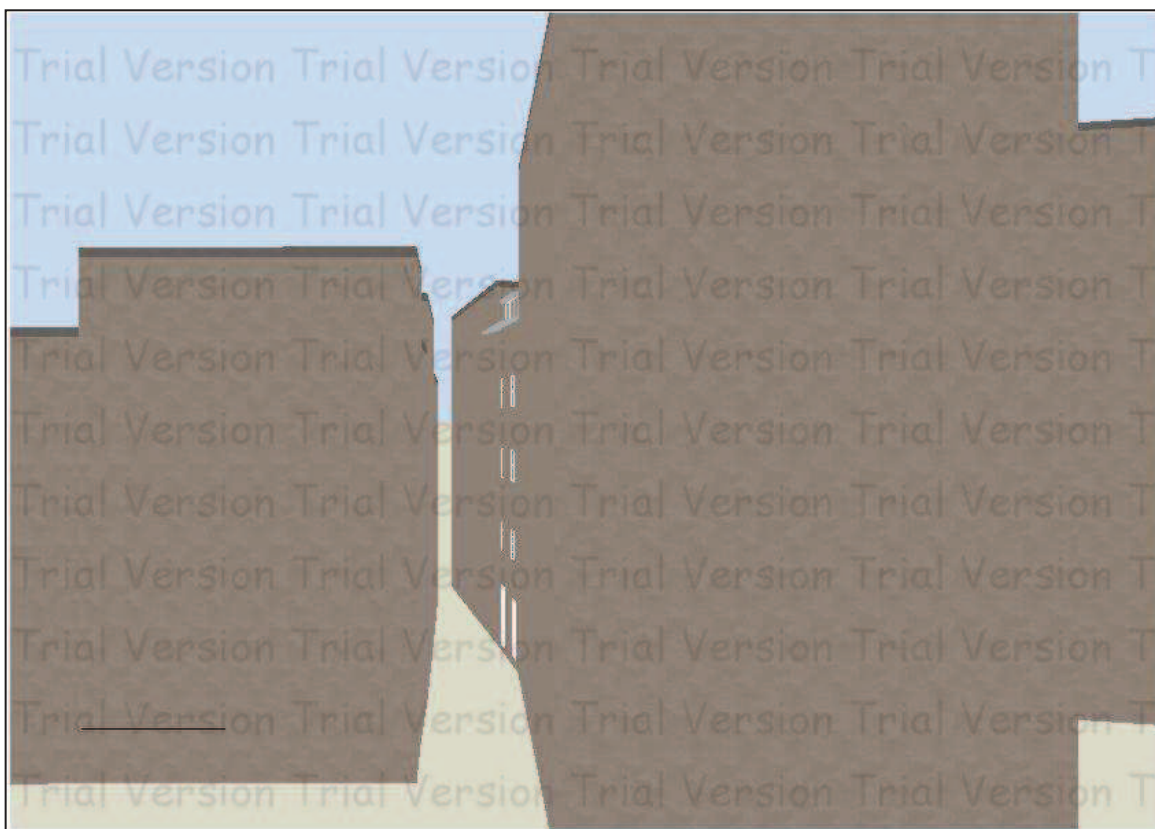


Figura 113 – Modelação tridimensional dos edifícios envolventes no *Designbuilder*.

Nos pontos seguintes é abordada a inserção de alguns dos parâmetros essenciais para que os resultados da simulação do modelo sejam o mais aproximado possível aos que presumivelmente corresponderão ao edifício real, contudo devido à inexistência de alguns valores para a simulação ou por limitação das escolhas apresentadas pelo programa, adoptaram-se alguns dos exemplos que este disponibiliza.

4.8.3. Caracterização das zonas térmicas

Uma zona térmica é um conjunto de espaços com características térmicas específicas submetidos ao mesmo controlo térmico. A divisão da fracção em zonas térmicas pode resultar de diferenças existentes ao nível dos elementos construtivos, dos padrões de utilização dos espaços, das temperaturas e dos sistemas técnicos instalados, das condições de fronteira da envolvente ou de diferente exposição solar, entre outras.

Na Figura 114 pode observar-se, no lado esquerdo, as zonas térmicas criadas para o modelo, esta opção coincide com a divisão compartimental do edifício como se encontra exemplificado para o piso 2. No rés-do-chão, a loja existente será contabilizada para efeitos de simulação mas será separada posteriormente para a obtenção dos resultados da fracção autónoma pretendida, a habitação.

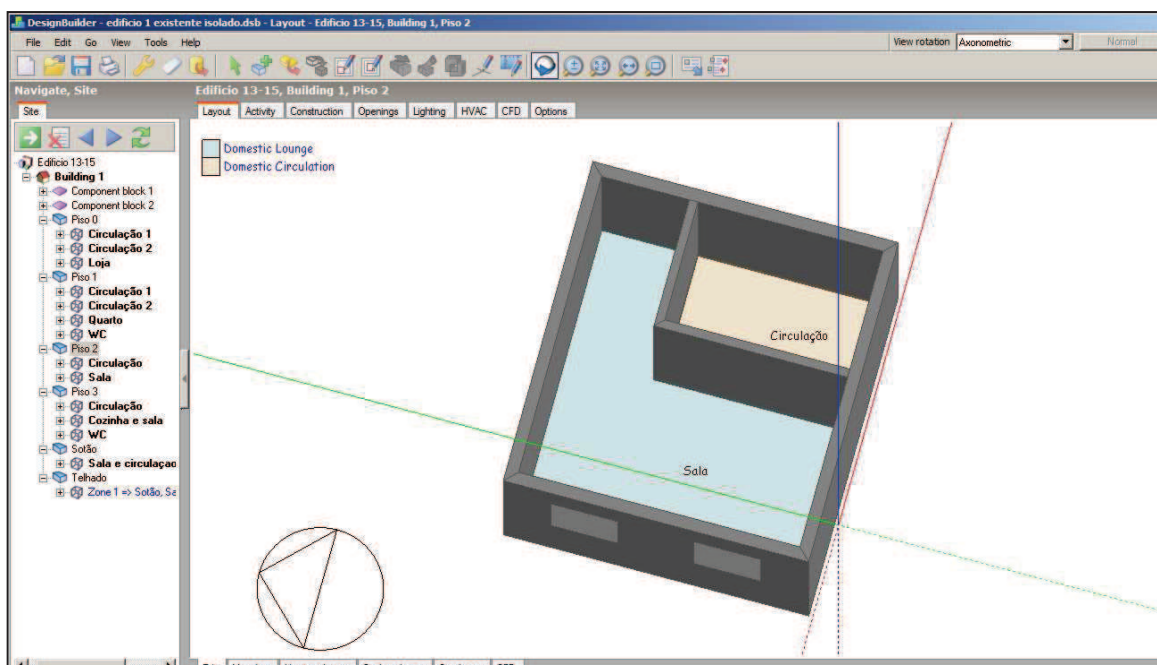


Figura 114 – Zonas térmicas: divisão e exemplificação.

4.8.4. Dados climáticos

Os dados climáticos relativos à cidade de Coimbra podem ser introduzidos na simulação através do separador *Location* (Figura 115), e os dados climáticos reais encontram-se disponíveis em ficheiro no sítio do programa informático. Estes dados tomam como base o ano típico de 2002 e registos de anos anteriores.

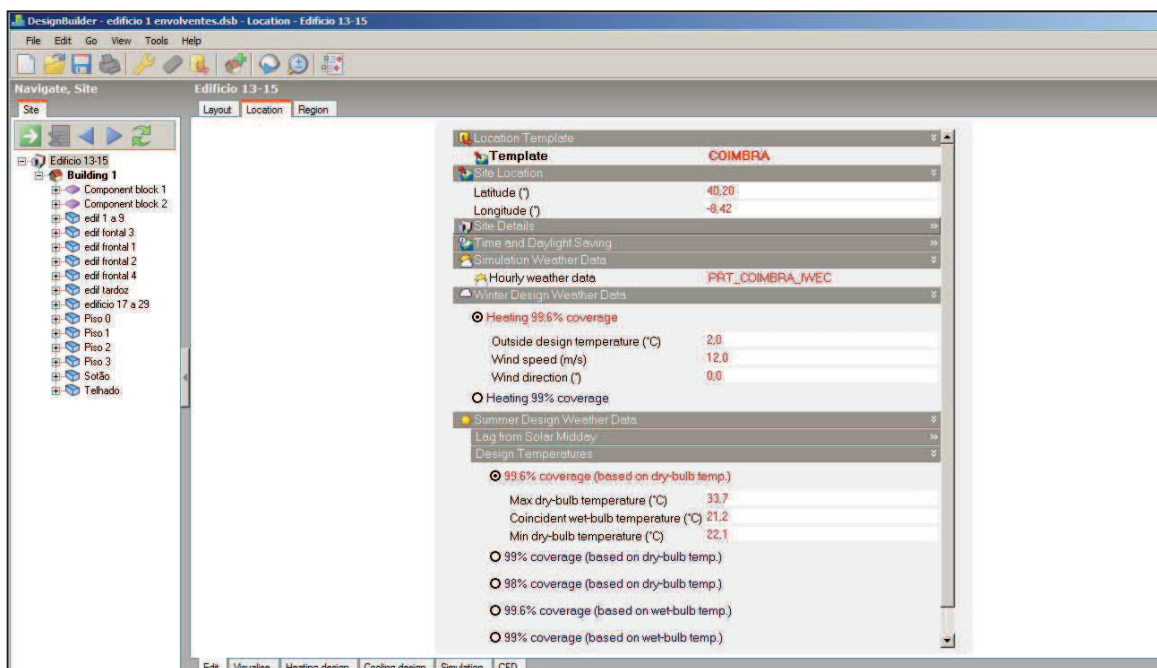


Figura 115 – Separador *Location*: inserção do ficheiro com as características climáticas da região de Coimbra.

4.8.5. Caracterização dos sistemas instalados na fração

Os sistemas de aquecimento e de arrefecimento do ar ambiente, de preparação de AQS e de ventilação a introduzir no modelo construtivo são os que constam no ponto 4.3.5. A sua selecção é feita no separador *HVAC* onde foram inseridos os valores referentes à eficiência e tipo de combustível dos equipamentos (Figura 116).

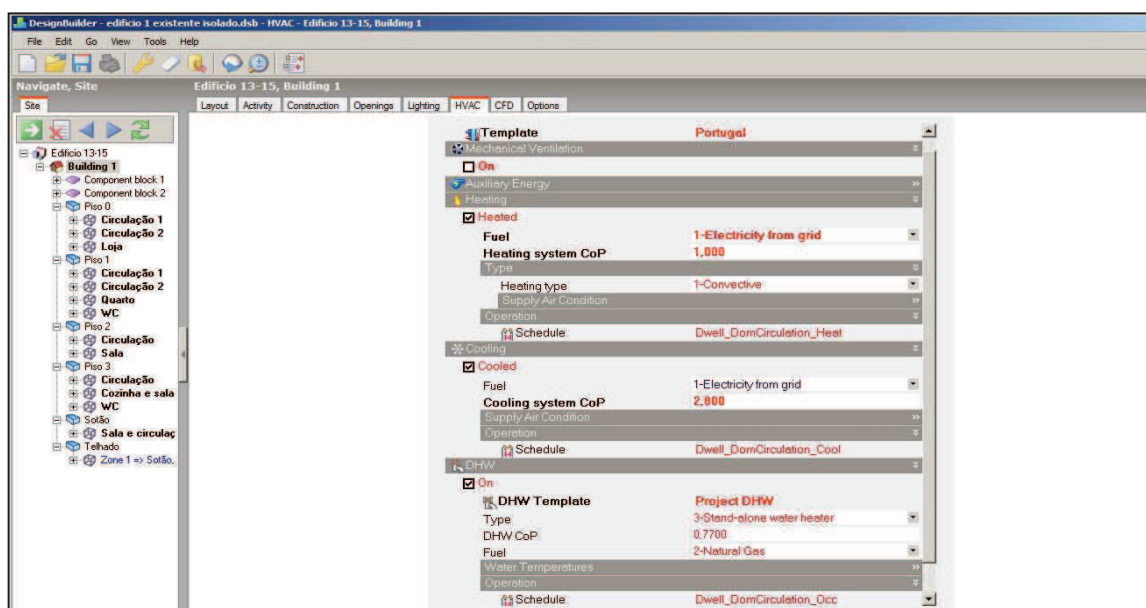


Figura 116 – Separador *HVAC*: selecção e introdução dos parâmetros dos equipamentos.

4.8.6. Ventilação e taxas de renovação de ar

Conforme descrito no ponto 4.3.5. e 4.3.6 a ventilação é do tipo natural.

O REH calcula os efeitos da ventilação adoptando um valor constante para a renovação do ar, facto que impede a análise de situações em que a diminuição ou o aumento da ventilação pode ser benéfica. Com o *EnergyPlus* este estudo pode ser efetuado com maior detalhe, ao tornar-se variável a respetiva taxa de renovação do ar.

No caso de estudo adotou-se o valor para a ventilação natural de 3 renovações do ar por hora (*ac/h – air change/hour*) por zona e em função do uso do espaços (Figura 117), e para cumprimento de requisitos de renovação do ar ao longo de todo o ano considerou-se uma taxa constante de 0,66 renovações do ar por hora, esta resultante dos cálculos do REH, e introduzida nas simulações como admissão de ar devido à infiltração activando o *Model Infiltration* no separador *Construction*.

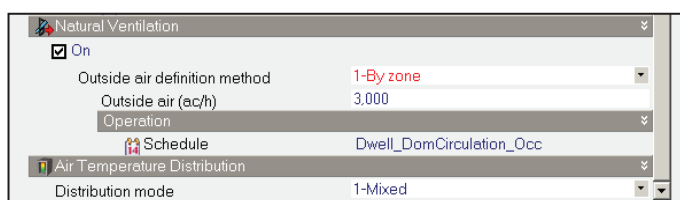


Figura 117 – Separador HVAC: introdução de parâmetros da ventilação natural.

4.8.7. Ganhos térmicos internos e temperaturas de conforto

Os ganhos térmicos internos de uma determinada zona são resultado da ocupação humana, dos equipamentos e da iluminação existentes, contribuindo para o aquecimento ambiente.

No separador *Activity* definem-se grande parte destes ganhos térmicos internos, sendo que o programa permite contabilizar fatores como a atividade humana, o metabolismo, ou o vestuário em função do tipo de edifício. Para o caso de estudo adotaram-se os valores sugeridos pelo *DesignBuilder* para a habitação e para a loja . Estes parâmetros variam muito de caso para caso, pelo que desconhecendo-se a situação real é mais simples uma abordagem partindo do pressuposto do que é expectável.

Ainda neste separador procede-se ao controlo do ambiente interior (temperaturas de conforto, caudal mínimo de ar novo). Foram somente alteradas as temperaturas de aquecimento e arrefecimento que se pretendem que a habitação assuma ao longo do ano para as quais foram adotadas as temperaturas de referência do REH, de 18°C e 25°C, respectivamente (Figura 118).

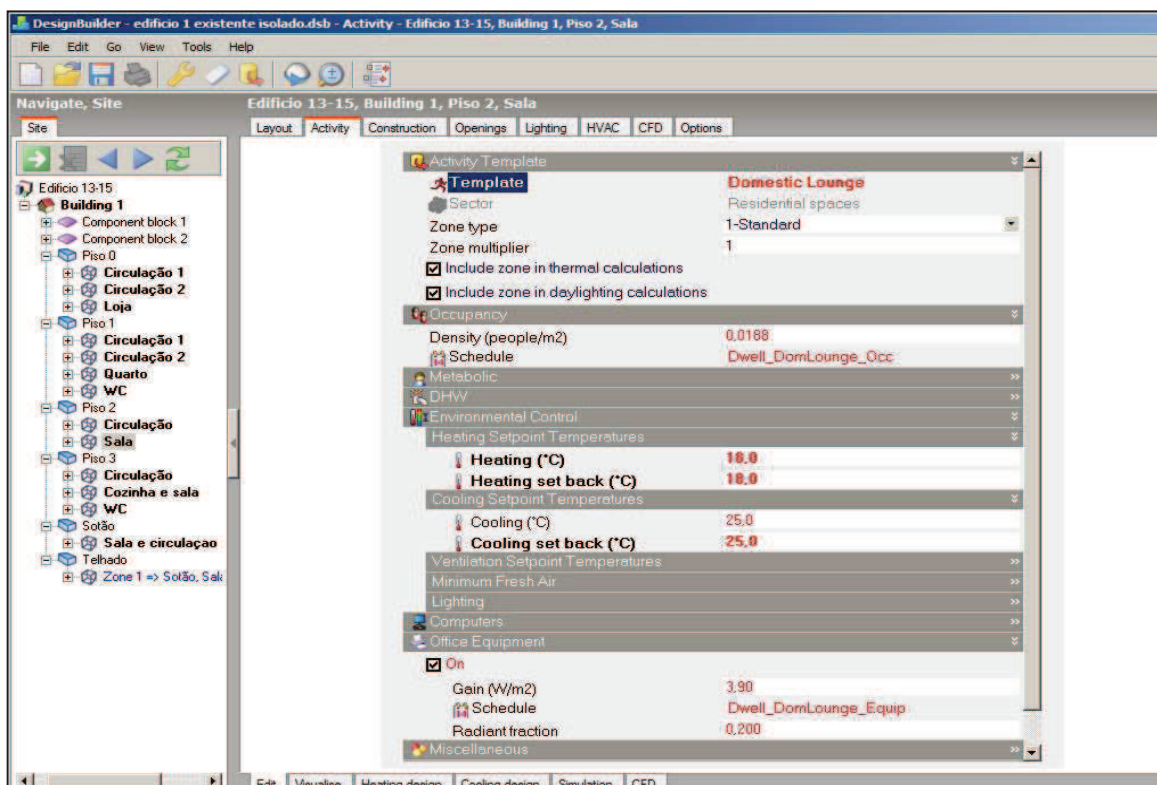


Figura 118 – Separador *Activity*: introdução dos parâmetros da utilização dos espaços.

Na Figura 119 está demonstrado o separador *Lighting* referente aos ganhos de iluminação, exemplificando os dados do quarto no piso 1.

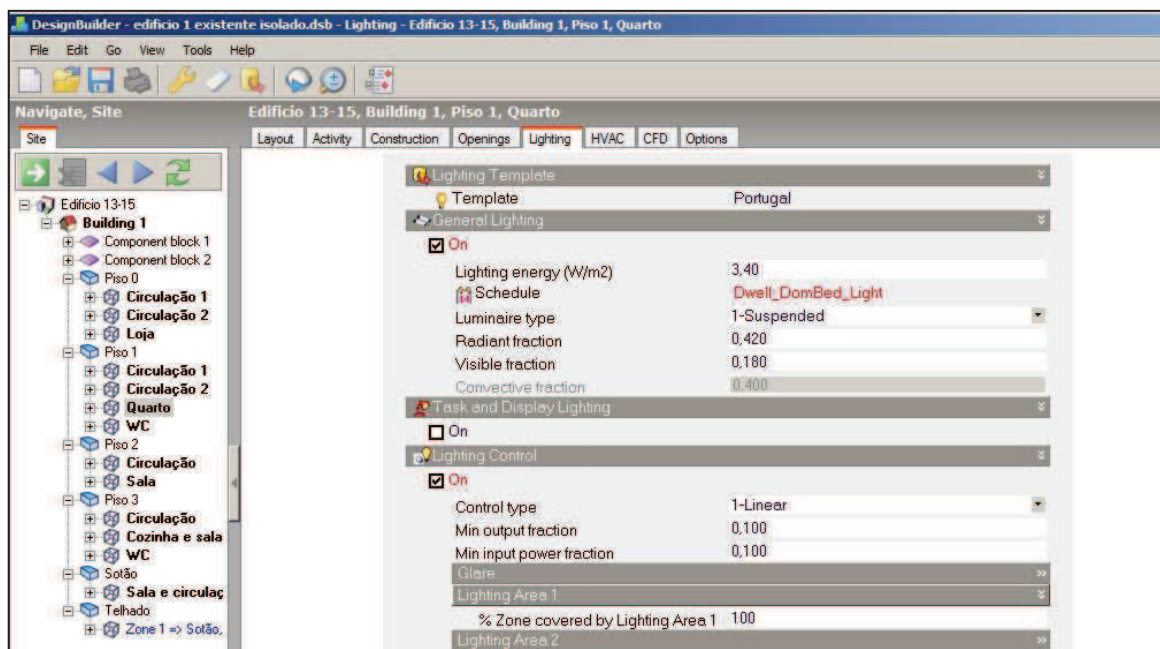


Figura 119 – Separador *Lighting*: introdução de parâmetros da iluminação.

4.8.8. Parâmetros térmicos da envolvente opaca

A constituição das paredes, dos pavimentos e da cobertura foi definida usando as soluções construtivas anteriormente introduzidos para o cálculo do REH.

O programa possui uma base de dados de materiais e soluções construtivas, acedida através do separador *Construction*, à qual se pode acrescentar novos elementos e alterar as características dos existentes editando o item pretendido.

Para a caracterização dos elementos do caso de estudo foram inseridos dados referentes à sua espessura e condutibilidade térmica, outros dados necessários às simulações como a densidade, o grau de rugosidade, o calor específico, e as absorções térmica, solar e visível foram utilizados os definidos pelo *DesignBuilder*.

A definição das soluções construtivas é feita por camadas, e o programa permite unicamente a inserção de dados referentes a superfícies de constituição homogénea. Pelo que no caso de elementos heterógenos, como frontais e tabiques, recorreu-se a uma funcionalidade do programa que permite estabelecer o valor do coeficiente de transmissão térmica do elemento e recalculer a espessura equivalente de uma das camadas considerando assim o elemento homogéneo em toda a superfície da solução construtiva com as características pretendidas (Figura 120).

Para introduzir a caixa-de-ar presente nos pavimentos recorreu-se ao item *Air Gap* em *Materials* e estabeleceu-se a sua resistência térmica em $0,16 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$.

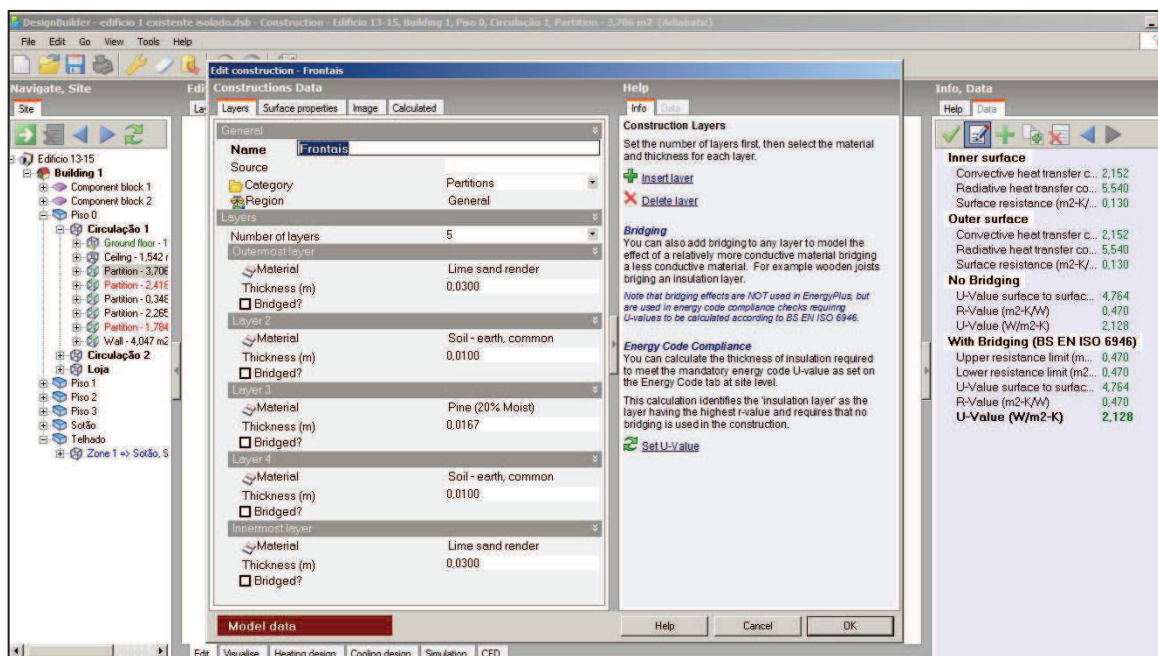


Figura 120 – Separador *Construction*: introdução das soluções construtivas que não integram a base de dados como os frontais.

Considerou-se que não existe fluxo térmico a passar pelos elementos em contacto com os edifícios adjacentes, como simplificação, pressupondo-se que as condições térmicas no seu interior são idênticas às da fração autónoma em estudo, e partindo-se

do princípio que os habitantes fazem a mesma utilização dos equipamentos de climatização para a obtenção do conforto térmico.

4.8.9. Parâmetros térmicos dos vãos envidraçados

A introdução das características das janelas é feita da mesma forma que para as superfícies opacas, acedendo ao separador *Openings*, especifica-se o vidro em *Glazing type*, construindo-se também por camadas, e a caixilharia em *FrameAndDivider* (Figura 121).

Os coeficientes de transmissão térmica dos envidraçados são os definidos no ponto 4.3.10, assim como os respetivos fatores solares.

Os envidraçados dos pisos 2 e 3 possuem um sistema de sombreamento (estores exteriores). Estes foram definidos ativando o *Window Shading* no mesmo separador. Para controlo do sombreamento móvel (estores), considerou-se um padrão de utilização que tenta refletir a sua forma de uso corrente, considerando-se que se encontram ativos durante o período noturno de temperaturas exteriores baixas e durante o período diurno na estação de arrefecimento.

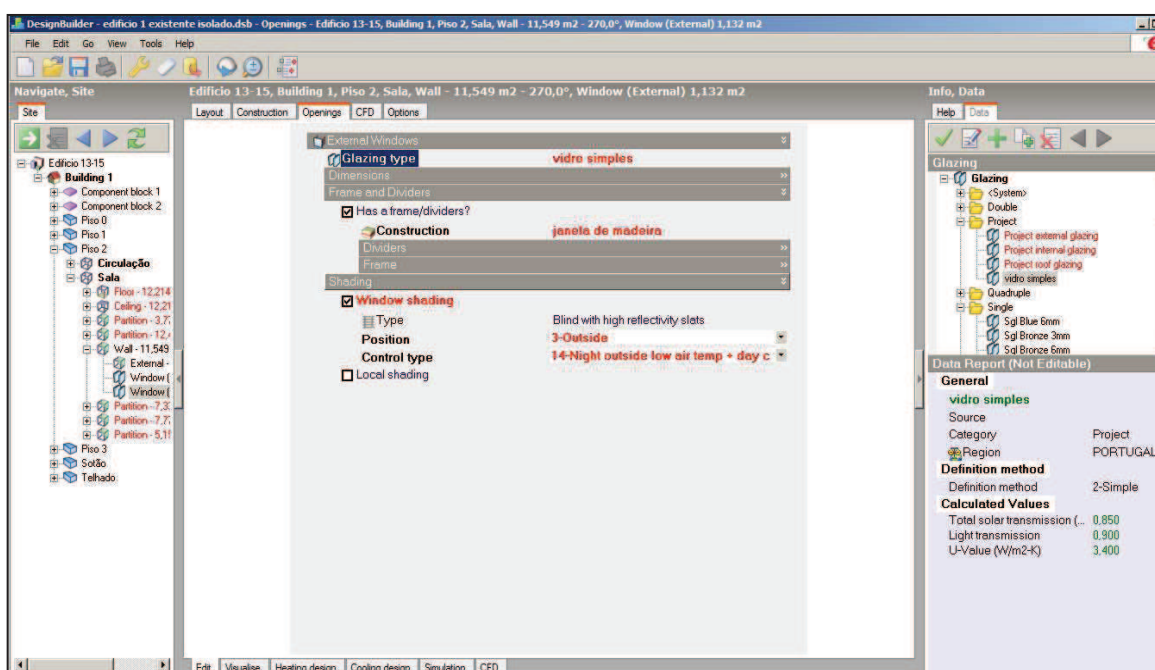


Figura 121 – Separador *Openings*: introdução de envidraçados e de sombreamentos.

4.9. Resultados da aplicação do EnergyPlus

4.9.1. Introdução

Esta ferramenta faculta uma vasta lista de resultados para além do cálculo das necessidades energéticas, como dados das temperaturas, das condições de conforto, da eficiência dos sistemas de climatização, da ventilação e infiltração, dos consumos, etc., dos quais podem ser consultados no Anexo 5 alguns exemplos sob a forma de gráficos idênticos aos das Figuras 122, 123 e 124 respetivamente para o projeto de aquecimento e arrefecimento e resultados da simulação anual.

Estes gráficos apresentam os dados selecionados conforme a opção em *data*.

A simulação do projeto de aquecimento ocorre para o caso mais rigoroso de Inverno em que as temperaturas registadas no local foram as mais baixas e os resultados referem-se a temperaturas e perdas de energia como se pode observar na Figura 122, considerando para o edifício existente o cenário 1.

As temperaturas representadas na parte superior dos gráficos distinguem-se por quatro cores: a do ar em azul-marinho, a radiante em vermelho, a operativa em verde e a de bolbo seco exterior em azul-escuro. Nos mesmos observa-se também o balanço térmico, este é representado por barras em que a barra positiva, a cor vermelho, iguala a soma das anteriores, obtendo-se assim as necessidades de energia para aquecimento. As restantes barras apresentam os fluxos energéticos por elemento do edifício, permitindo determinar onde é urgente atuar observando a barra negativa de maior valor. Por observação do cenário 1, as maiores perdas são pelas paredes (*walls*), seguindo-se as das coberturas (*roofs*) e as dos envidraçados (*glazing*). As perdas por ventilação são de valor equivalente às perdas pela cobertura

A simulação para o projeto de arrefecimento é realizada para o caso mais rigoroso de verão e os resultados do gráfico sub-horário, com a configuração representada na Figura 123, permitem analisar situações de sobreaquecimento observando as variações das temperaturas, ao longo do dia mais quente podendo ainda observar-se o balanço térmico, as cargas do sistema, a humidade relativa e renovações do ar por hora.

As temperaturas são representadas nas mesmas cores que no aquecimento. No balanço de energia as necessidades energéticas de arrefecimento para equilíbrio do sistema são representadas a azul e os fluxos energéticos distinguem-se igualmente através de diversas cores sendo nomeadamente o dos envidraçados a azul claro, o das paredes a roxo, o da cobertura a castanho-escuro, e incluem a infiltração externa a verde-claro, os ganhos solares através dos envidraçados a amarelo, entre outros. Por observação do cenário 1, os ganhos energéticos são representados acima da linha positiva do gráfico, e tendo em conta a orientação a oeste da envolvente exterior verifica-se uma subida acentuada dos ganhos através da cobertura e dos ganhos solares pelos envidraçados no período da tarde sendo que o valor de pico acontece nestes últimos elementos cerca das 17h.

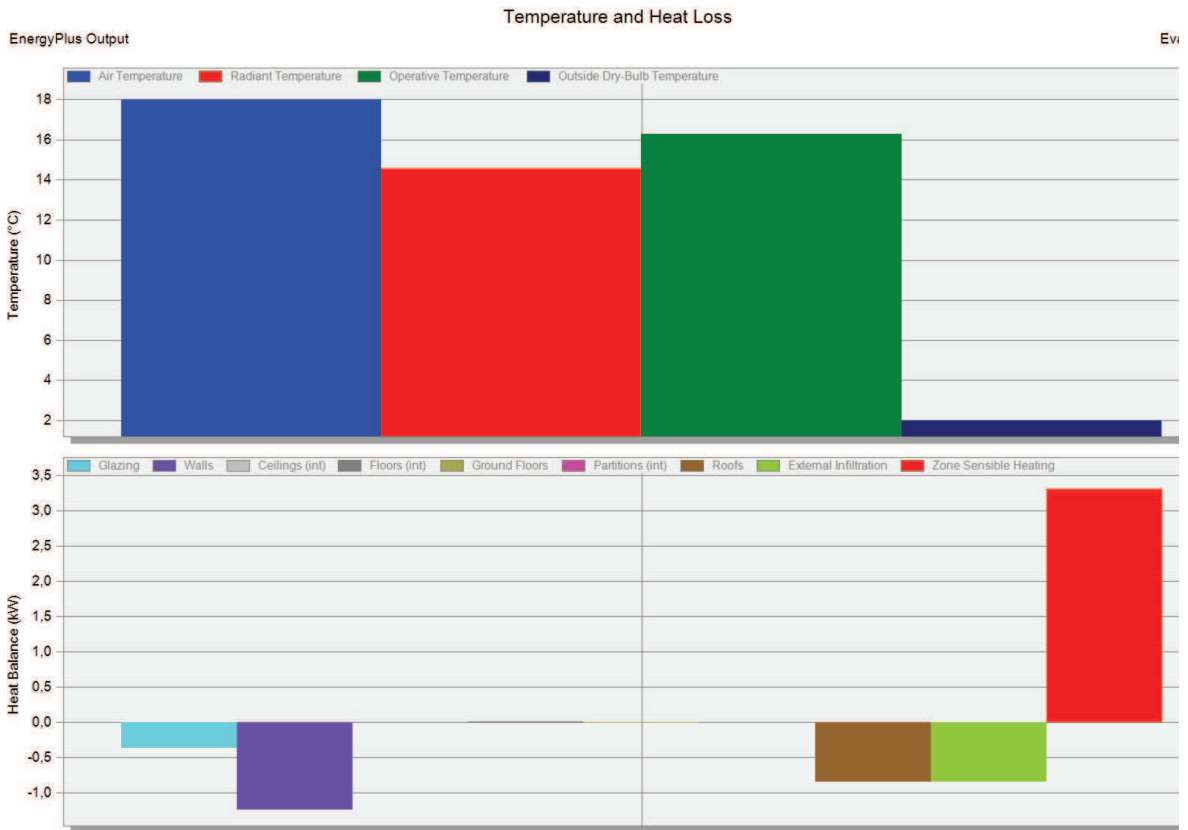


Figura 122 – Resultados do aquecimento do cenário 1.

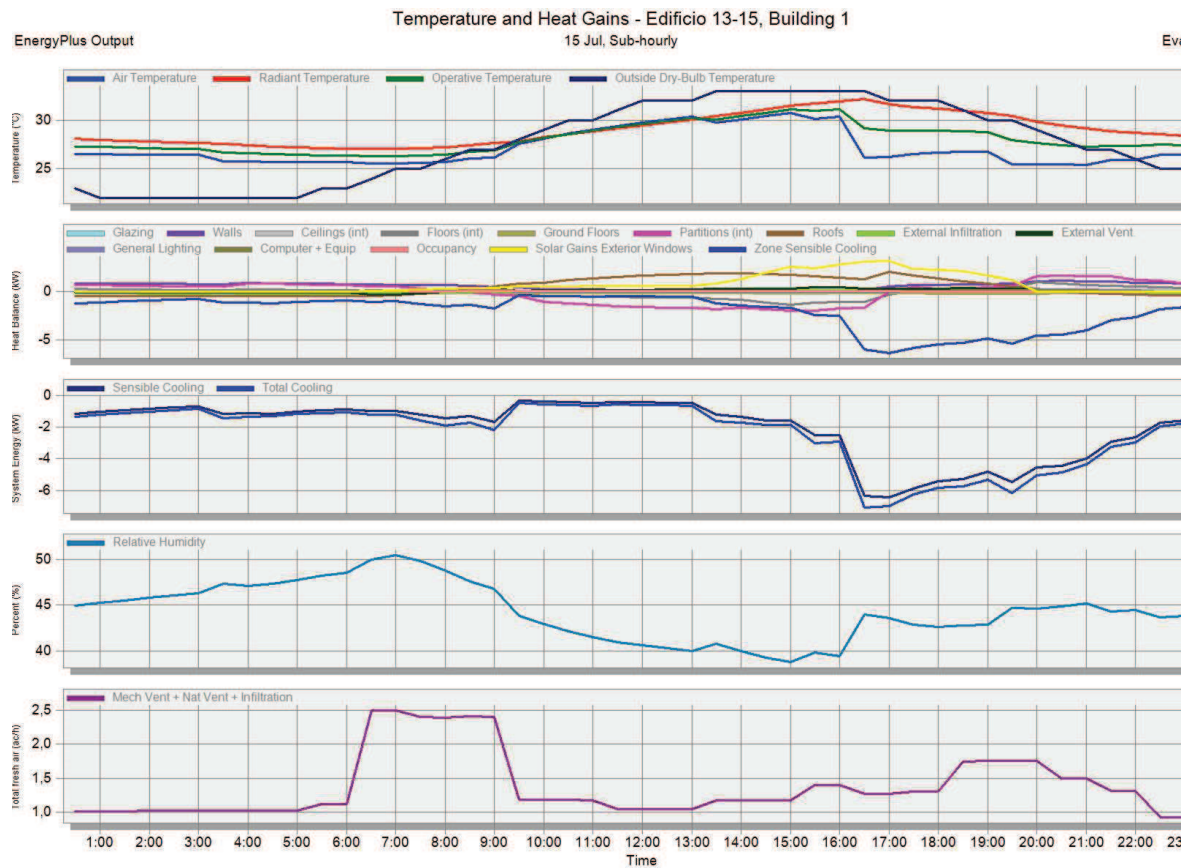


Figura 123 – Resultados do arrefecimento do cenário 1.

As simulações anuais são efetuadas para um ano completo importando o ficheiro de dados climáticos reais e os cálculos são realizados à hora.

Dos resultados obtidos constam o consumo de combustíveis por tipo de equipamento instalado, as temperaturas, o balanço térmico, as cargas do sistema e as renovações do ar por hora.

Os gráficos dos resultados anuais, como os representados na Figura 124, são de consulta idêntica aos dos gráficos para o arrefecimento, diferindo o intervalo de tempo da análise que pode ser horária, mensal ou anual permitindo igualmente analisar períodos típicos de inverno e verão.

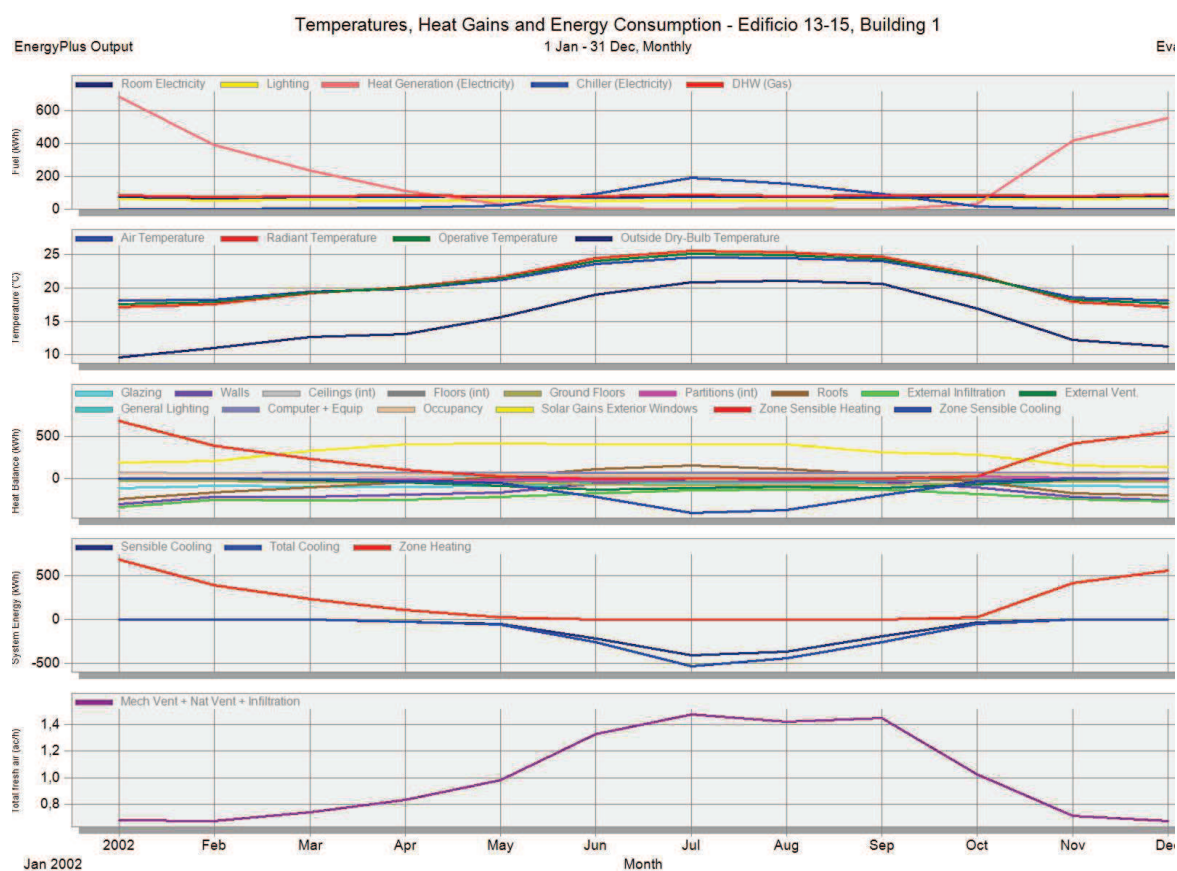


Figura 124 – Resultados anuais do cenário 1.

No balanço térmico estão representadas as necessidades energéticas de aquecimento (vermelho) e de arrefecimento (azul) que equilibram o fluxo energético do edifício podendo ser observadas as variações das perdas e ganhos e analisar deste modo o comportamento térmico dos vários elementos da envolvente.

Os mesmos resultados também podem ser visualizados em tabelas exportáveis para folhas de cálculo onde podem ser manipulados e tratados.

4.9.2. Desempenho térmico do edifício existente

Do mesmo modo que no método anterior, primeiro analisa-se o comportamento térmico do modelo inicial, com principal enfoque no estudo das perdas e ganhos pelos elementos da envolvente e nas necessidades energéticas para manter as temperaturas estabelecidas para as estações de aquecimento e arrefecimento. Das simulações anuais com base no ficheiro de dados climáticos surgem os resultados constantes da tabela 38.

Verifica-se que, em termos de necessidades de climatização, o edifício tem maioritariamente necessidades de aquecimento e que, observando-se os cenários 2 e 3, o sombreamento pelos edifícios circundantes promove o aumento destas, em cerca de 26% e 21% respetivamente, em contrapartida as necessidades de arrefecimento são menores em cerca de 54% e 32% devido ao fato dos ganhos solares também serem menores.

Os fluxos pelos elementos da envolvente são maioritariamente perdas de calor, constatando-se que as paredes são os elementos com mais perdas uma vez que representam a maior área em contacto com o exterior.

Tabela 38 – Resultados do balanço térmico anual do Edifício 1 - Existente (kwh.ano).

Edifício existente	Perdas e ganhos pela envolvente						Ganhos internos	Ganhos solares	Necessidades	
	Envidraçados	Paredes Exteriores	Pavimentos interiores	Paredes Interiores	Cobertura exterior	Renovação do ar			Aquecimento	Arrefecimento
cenário 1	-896,13	-1729,41	-209,38	3,46	-466,32	-2738,53	1367,62	3676,61	2231,39	-1198,13
cenário 2	-652,82	-1747,67	-65,79	16,97	-1107,86	-2042,55	1451,56	1859,27	2937,54	-545,83
cenário 3	-698,78	-1841,91	-60,37	19,27	-457,84	-2387,37	1616,96	1909,39	2823,89	-814,99

A tabela 39 apresenta alguns resultados anuais referentes ao cenário 3, por zona térmica, verificando-se que o sótão é a zona com necessidades energéticas de aquecimento e de arrefecimento mais elevadas com, respetivamente, 1173,75 kwh.ano e 693,88 kwh.ano, sendo a zona térmica mais solicitada nas trocas térmicas com o exterior.

Tabela 39 – Alguns resultados do balanço térmico anual das zonas do edifício 1 - cenário 3 (kwh.ano).

cenário 3 - Edif. existente	Perdas na envolvente exterior			Renovação do ar	Ganhos internos	Ganhos solares	Energia de aquecimento	Energia de arrefecimento	Temperaturas			
	envidraçados	paredes	cobertura						do ar	radiante	operativa	
Zona térmica	kWh			ac/h	kWh	kWh	kWh	kWh	°C	°C	°C	
piso 0 - circulação		-40,53		0,80	-41,22	28,79	176,16	-3,52	19,43	18,50	18,97	
piso 0 - circulação				0,84	-51,89	32,66	28,32	-0,71	19,76	19,74	19,75	
piso 1 - circulação				0,86	-72,76	48,45	29,19	-0,73	19,76	19,86	19,81	
piso 1 - circulação				0,86	-71,69	47,75	28,72	-0,71	19,76	19,86	19,81	
piso 1 - quarto	-158,86	-350,96		0,83	-315,45	201,66	263,78	385,96	-6,38	19,97	19,62	19,79
piso 1 - wc				0,72	-59,50	27,47		31,54	-0,09	19,57	19,64	19,60
piso 2 - circulação				0,86	-146,52	88,75		58,32	-2,30	19,78	19,92	19,85
piso 2 - sala	-168,57	-492,60		0,92	-436,72	344,69	319,47	476,34	-52,05	20,30	20,03	20,17
piso 3 - circulação				0,90	-162,52	120,42		43,97	-3,21	20,05	20,20	20,12
piso 3 - cozinha	-190,09	-547,47		0,93	-422,70	326,87	519,25	382,23	-71,79	20,79	20,64	20,72
piso 3 -wc				0,71	-69,25	30,26		38,42	-0,04	19,44	19,51	19,47
sótão	-181,25	-410,34	-457,84	1,02	-537,15	319,20	778,56	1173,75	-693,88	21,36	21,16	21,26

No último cenário a ligeira atenuação das necessidades de aquecimento e o aumento das necessidades de arrefecimento constatados, é justificado pela capacidade de armazenamento de energia das massas presentes nos elementos construtivos dos edifícios adjacentes. Contudo este cenário é o mais desfavorável, com maiores necessidades energéticas globais.

4.9.3. Desempenho térmico das soluções de intervenção

Os resultados obtidos a partir das simulações servem de base para aplicação das várias propostas de melhoria ao caso de estudo e ainda para efeitos de comparação e de análise do desempenho das mesmas.

As soluções de intervenção adotadas e aplicadas aos três cenários são as referidas no ponto 4.5.1, não se tendo sido considerada a solução A (Alteração nos envidraçados) isolada para efeitos de simulação com o *EnergyPlus*. Os resultados obtidos constam na Tabela 40.

Tabela 40 – Resultados do balanço térmico anual do Edifício 1 - soluções de intervenção (kwh.ano).

Solução B - Isolamento paredes	Perdas e ganhos pela envolvente						Ganhos internos	Ganhos solares	Necessidades	
	Envidraçados	Paredes Exteriores	Pavimentos	Paredes Interiores	Cobertura	Renovação do ar			Aquecimento	Arrefecimento
cenário 1	-991,24	-606,46	-240,98	1,91	-536,40	-2935,50	1366,14	3625,93	1657,84	-1316,68
cenário 2	-745,85	-592,46	-92,65	13,32	-1156,39	-2177,52	1451,20	1852,17	2167,97	-622,16
cenario 3	-790,18	-633,94	-88,00	17,06	-533,66	-2532,03	1616,95	1874,06	2087,66	-935,00
Solução C - Isolamento cobertura	Perdas e ganhos pela envolvente						Ganhos internos	Ganhos solares	Necessidades	
	Envidraçados	Paredes Exteriores	Pavimentos	Paredes Interiores	Cobertura	Renovação do ar			Aquecimento	Arrefecimento
cenário 1	-895,74	-1735,31	-208,61	2,31	-193,17	-2736,18	1365,12	3676,61	1560,42	-787,91
cenário 2	-674,81	-1816,29	-66,09	15,55	-399,05	-2079,99	1449,00	1859,29	2152,02	-329,66
cenario 3	-697,27	-1844,58	-60,37	19,26	-187,74	-2380,25	1615,07	1881,05	2163,19	-414,57
Solução D - Isolamento cobertura + Envidraçados	Perdas e ganhos pela envolvente						Ganhos internos	Ganhos solares	Necessidades	
	Envidraçados	Paredes Exteriores	Pavimentos	Paredes Interiores	Cobertura	Renovação do ar			Aquecimento	Arrefecimento
cenário 1	-284,65	-1715,50	-202,71	2,65	-180,74	-2719,16	1378,15	3191,11	1496,54	-883,36
cenário 2	-402,33	-1810,16	-67,76	15,69	-388,99	-2068,33	1449,71	1637,27	2066,02	-301,53
cenario 3	-412,71	-1839,80	-62,46	19,39	-178,86	-2367,98	1616,47	1648,77	2073,34	-382,47
Solução E - conjunto das soluções	Perdas e ganhos pela envolvente						Ganhos internos	Ganhos solares	Necessidades	
	Envidraçados	Paredes Exteriores	Pavimentos	Paredes Interiores	Cobertura	Renovação do ar			Aquecimento	Arrefecimento
cenário 1	-314,49	-614,65	-231,40	1,23	-212,44	-2942,76	1376,63	3122,50	874,24	-988,89
cenário 2	-463,34	-634,24	-96,09	12,28	-419,44	-2229,15	1448,12	1628,84	1246,11	-366,95
cenario 3	-471,84	-645,54	-91,70	17,08	-213,26	-2540,43	1615,40	1639,04	1256,01	-455,68

Observando-se as melhorias introduzidas é possível afirmar, face aos cenários iniciais, que:

- Solução B – aplicação de isolamento térmico no interior das paredes exteriores – diminui as necessidades energéticas de aquecimento e, apesar de contribuir para

um aumento das necessidades de arrefecimento, permite uma otimização das necessidades totais em cerca de 13%, 20% e 16% respetivamente para os cenários 1, 2 e 3. A aplicação desta solução está associada a uma redução do das perdas através das paredes exteriores e a um aumento das perdas pelos envidraçados. Constata-se um aumento das perdas por ventilação.

- Solução C – isolamento pelo interior da cobertura exterior – permite que com um coeficiente de transmissão térmica de $0,79 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ se reduzam as perdas através deste elemento em cerca de 60% e, deste modo, reduzir as necessidades de aquecimento. Verifica-se também a diminuição das necessidades de arrefecimento com uma otimização energética global de cerca de 30% em todos os cenários.

- Solução D – isolamento pelo interior da cobertura exterior e aplicação de vidro duplo com substituição de caixilho – adicionando a intervenção nos envidraçados consegue-se reduzir as perdas de calor através da caixilharia e do vidro. Constata-se uma ligeira melhoria em relação à solução anterior quer em termos de aquecimento quer de arrefecimento, à exceção das necessidades de arrefecimento do cenário 1, com o edifício sem sombreamento as perdas pela envolvente e as perdas de renovação de ar reduziram e aumentaram os ganhos internos.

- Solução E – conjunto das soluções – a aplicação em simultâneo das intervenções consideradas origina uma redução de cerca de 61%, 58% e 55% nas necessidades de aquecimento e de cerca de 17%, 33% e 44% nas necessidades de arrefecimento para os cenários 1, 2 e 3, respetivamente (Figura 125 e 126). Sendo esta última solução a que mais beneficia todos os cenários no global das necessidades de energia. Analisando-se o cenário 3 ao nível das zonas térmicas, de um modo geral verifica-se que as trocas térmicas com o exterior reduziram consideravelmente, à exceção das perdas por renovação do ar que aumentaram ligeiramente. Relativamente à zona mais solicitada, o sótão, verifica-se uma diminuição das necessidades de aquecimento e de arrefecimento de cerca 69% e 59% (Tabela 41).

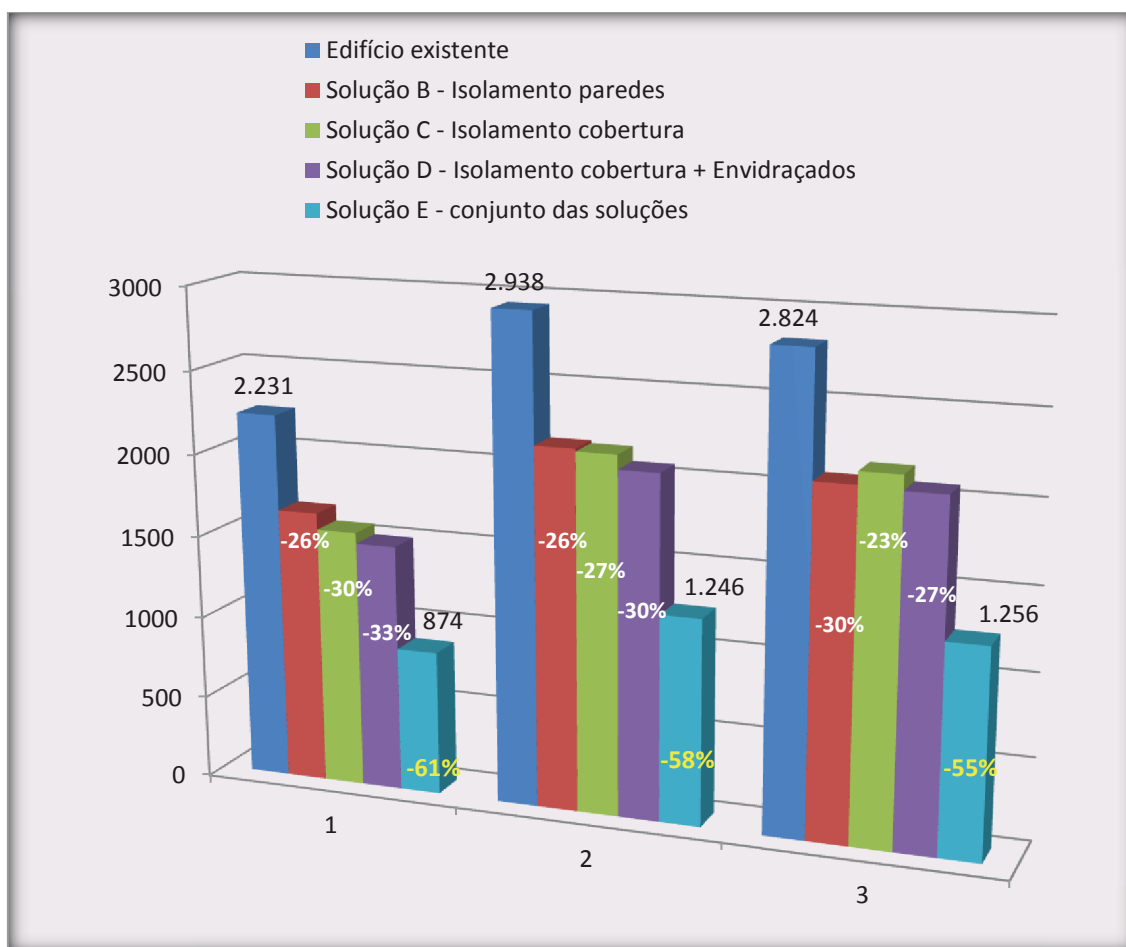


Figura 125 – Comparação dos resultados das necessidades de aquecimento das diversas soluções para os 3 cenários (kwh.ano).

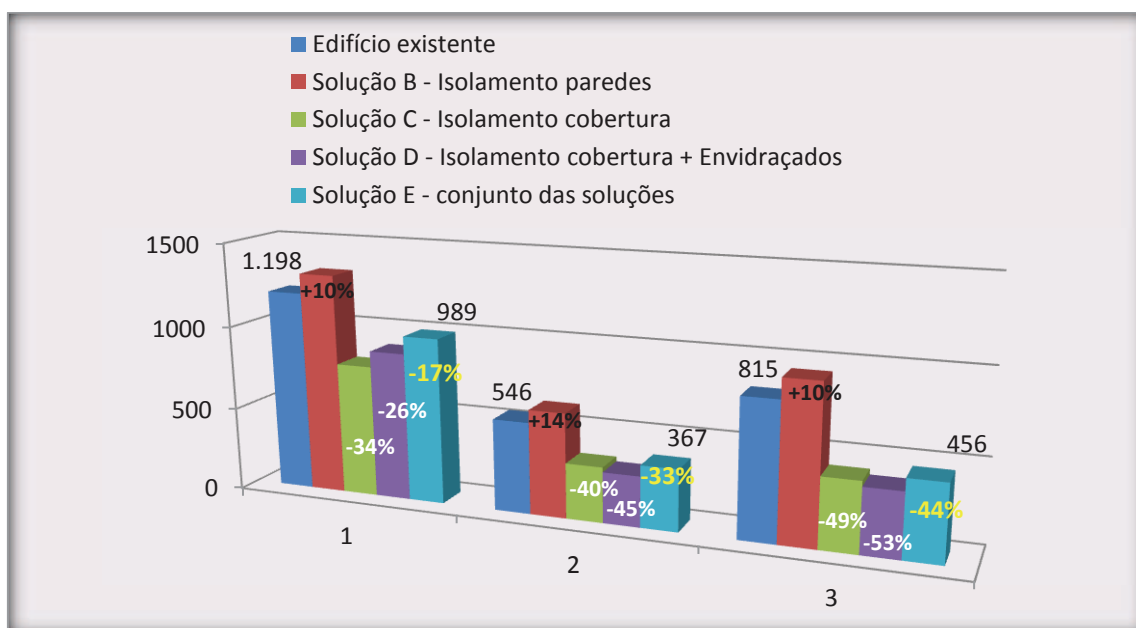


Figura 126 – Comparação dos resultados das necessidades de arrefecimento das diversas soluções para os 3 cenários (kwh.ano).

Tabela 41 – Alguns resultados do balanço térmico anual das zonas do edifício 1 - cenário 3 - aplicação do conjunto das soluções (kWh.ano).

Cenário 3 - Solução E	Perdas na envolvente exterior			Renovação do ar		Ganhos internos	Ganhos solares	Energia de aquecimento	Energia de arrefecimento	Temperaturas		
	envidraçados	paredes	cobertura	ac/h	kWh					kWh	kWh	do ar
Zona térmica	kWh			ac/h	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	°C	°C	°C
piso 0 - circulação		-10,97		0,79	-41,00	28,79		147,86	-3,27	19,43	18,65	19,04
piso 0 - circulação				0,84	-52,28	32,64		25,42	-0,70	19,76	19,83	19,79
piso 1 - circulação				0,86	-73,01	48,44		28,52	-0,73	19,78	19,88	19,83
piso 1 - circulação				0,86	-71,89	47,74		28,13	-0,71	19,77	19,87	19,82
piso 1 - quarto	-110,20	-112,00		0,85	-330,75	201,49	238,12	184,62	-4,75	20,17	20,25	20,21
piso 1- wc				0,72	-59,34	27,47		31,52	-0,08	19,56	19,63	19,60
piso 2 - circulação				0,86	-146,47	88,75		58,30	-2,31	19,78	19,92	19,85
piso 2 - sala	-129,33	-147,71		0,95	-490,07	343,02	286,23	189,23	-59,17	20,73	20,92	20,83
piso 3 - circulação				0,90	-162,53	120,42		43,86	-3,22	20,05	20,21	20,13
piso 3 -cozinha	-144,85	-166,59		0,98	-499,89	325,42	468,31	115,34	-98,22	21,48	21,95	21,71
piso 3 -wc				0,71	-69,26	30,26		38,40	-0,04	19,44	19,51	19,47
sotão	-87,46	-208,28	-213,26	1,05	-543,95	320,97	646,38	364,81	-282,49	21,27	21,60	21,44

4.10. Comparação dos resultados do EnergyPlus com o REH

É possível comparar resultados das necessidades energéticas obtidas pelo *EnergyPlus* com os valores das necessidades nominais de energia útil do REH. Para isso é necessário dividir os valores desses resultados pela área útil de pavimento da habitação.

Verifica-se que a área útil de pavimento calculada pelo *DesignBuilder* é ligeiramente superior (69 m²), uma vez que o programa não desconta a área ocupada pelas paredes de compartimentação

Na tabela 42 apresentam-se os resultados da comparação das necessidades nominais de energia útil de aquecimento, N_{ic} , e das necessidades nominais de energia útil de arrefecimento, N_{vc} , para o edifício existente.

Tabela 42 – Comparação das necessidades anuais de climatização do edifício 1 (kWh/m².ano).

Edifício existente	EnergyPlus		REH		Edifício solução E	EnergyPlus		REH	
	N _{ic}	N _{vc}	N _{ic}	N _{vc}		N _{ic}	N _{vc}	N _{ic}	N _{vc}
cenário 1	32,34	-17,36	156,66	10,94	cenário 1	12,67	-14,33	94,33	15,83
cenário 2	42,57	-7,91			cenário 2	18,06	-5,32		
cenário 3	40,93	-11,81			cenário 3	18,20	-6,60		

Os resultados obtidos no REH para as necessidades de aquecimento são muito elevados relativamente ao *EnergyPlus* existindo uma maior aproximação para as necessidades de arrefecimento, em particular ao cenário 3, quando se considera o efeito dos edifícios adjacentes.

Esta disparidade de valores pode ter como causas mais prováveis a diferente abordagem feita pelos dois métodos, nomeadamente, a diferença na metodologia de cálculo de cada método, o período de simulação e diferentes dados de *input* como as condições de fronteira da envolvente, os ganhos térmicos, a ventilação natural, e ainda a área útil considerada.

No decorrer da elaboração da simulação com o programa houve várias dúvidas sobre os dados a introduzir, e à interpretação do manual, pelo que foram adotadas estratégias de modo a viabilizar o modelo que o afastaram do cálculo efetuado com o REH. Uma dessas estratégias foi ao nível das perdas pelas paredes com os edifícios adjacentes como definidas no regulamento, que no cálculo pelo *EnergyPlus*, foram desprezadas. Ao realizar-se um novo cálculo REH ao edifício existente, e admitindo não haver transferência de calor através destes elementos, os valores de N_{ic} passam a 68,19 kWh/m².ano e os de N_{vc} a 14,23 kWh/m².ano, no edifício pós-reabilitação os valores de N_{ic} passam a 14,23 kWh/m².ano e os de N_{vc} a 19,01 kWh/m².ano.

Ao nível dos ganhos térmicos internos o *EnergyPlus* calcula-os com base nos padrões de ocupação e utilização da habitação, enquanto o REH considera um valor de 4W/m² para os ganhos internos totais ao longo do ano. Uma sobrevalorização dos ganhos internos conduz a um sobreaquecimento do edifício, que pode originar um aumento das necessidades de arrefecimento e uma diminuição das necessidades de aquecimento.

O REH realiza uma análise estática das trocas de calor determinadas em regime permanente para cada período (Inverno e Verão). O *EnergyPlus*, é um método mais minucioso que, utilizando uma análise dinâmica, permite determinar as trocas de calor em cada instante da simulação, uma vez que são introduzidas temperaturas horárias, interiores e exteriores, através do ficheiro climático.

Os resultados produzidos pelo *EnergyPlus* dependem da qualidade dos dados introduzidos no *DesignBuilder* mas também na definição do tipo de *outputs* que se querem disponibilizados para análise. Esta ferramenta de simulação é um instrumento muito completo, nomeadamente devido ao número de variáveis e parâmetros a manipular, pelo que é necessário uma boa compreensão da mesma para que os resultados sejam favoráveis ao estudo que se pretende, pelo que o seu aprofundamento e estudo seria um desenvolvimento futuro bastante interessante.

Dito isto, e assumindo alguma margem de erro nos valores obtidos devido a um conhecimento corrente da aplicação podem, ainda assim, ser retiradas as conclusões apresentadas no capítulo seguinte.

Cap.5. Conclusões e trabalhos futuros

5.1. Trabalho desenvolvido

Este trabalho permitiu estudar as tipologias de edifícios existentes nos centros antigos, principalmente dos edifícios habitacionais construídos antes do séc. XX. da zona antiga de Coimbra, e em particular da Rua Fernandes Tomás na Alta da cidade, assim como as soluções de reabilitação energética correntemente aplicadas na reabilitação das envolventes na área em estudo, como isolamento térmico na cobertura, vidro duplo ou janela dupla com dispositivos de oclusão noturna.

No âmbito da avaliação do desempenho térmico foram analisados todos os edifícios localizados na referida rua com base preponderante no levantamento visual, além da consulta e registo de dados que incluiu o apoio do Gabinete para o Centro Histórico de Coimbra. Nesse sentido, foram desenhadas fichas de inspeção e de diagnóstico para esse propósito, redefinidas depois de um primeiro teste sobre a sua implementação, e criada posteriormente uma base de dados com elementos relevantes sobre as características da envolvente exterior e interior dos edifícios existentes que permitiram passar à fase seguinte de análise do seu desempenho térmico. Para a elaboração das fichas de levantamento recorreu-se a diversa bibliografia, com o objetivo de elaborar de forma sintética fichas de caracterização tipificadas, do tipo check-list.

Foram apresentados os resultados e as conclusões da avaliação efetuada em duas vertentes: a caracterização geral do edificado e da envolvente urbana, e a tipificação das soluções da envolvente exterior.

No decorrer das atividades descritas foi possível observar como a reabilitação destes edifícios é um processo binário de conciliação de técnicas e materiais atuais com a estrutura arquitectónica existente, destacando-se o compromisso das entidades envolvidas como o GCH para promover a valorização e a imagem urbana deste património.

A análise do desempenho térmico das soluções existentes e das intervenções de reabilitação energética propostas foi realizada considerando duas tipologias de análise, em regime permanente e variável, a primeira de acordo com a metodologia do Regulamento das Características do Desempenho Térmico dos Edifícios de Habitação (REH) e a segunda com a aplicação do programa informático *DesignBuilder*, tendo sido apresentados os resultados obtidos e as conclusões da avaliação comparativa das análises realizadas. Nesta análise foram definidas ações distintas de reabilitação a aplicar na envolvente como isolamento térmico interior da cobertura e das paredes exteriores com diferentes materiais isolantes, substituição de caixilhos e de vidros simples por duplos, aplicação de 2º caixilho e outras soluções adequadas e compatíveis com os edifícios existentes; com o objetivo de melhorar o seu comportamento térmico com estas características e de analisar as mudanças que introduzem.

Não obstante algumas limitações referidas no decorrer do trabalho, foram cumpridos os objetivos inicialmente propostos. Pelo que a realização deste trabalho tem um contributo positivo para a compreensão de questões relacionadas com o desempenho térmico de edifícios antigos.

5.2. Conclusões gerais

A reabilitação energética destes edifícios necessita de um conhecimento profundo das suas características construtivas e do seu comportamento para que as acções sejam compatíveis com o existente. A realização deste trabalho demonstrou o quanto esta deve ser pensada e estudada, de modo a que a mesma seja integrada numa intervenção global no sentido da preservação da identidade histórica e cultural dos edifícios mas também de adaptação dos espaços às exigências da contemporaneidade.

As análises energéticas realizadas nos casos práticos, com as ferramentas de cálculo REH e *DesignBuidier*, permitiram compreender melhor o comportamento destes edifícios do ponto de vista térmico, das suas perdas e necessidades energéticas, da inércia térmica, e as subseqüentes alterações no seu comportamento quando são sujeitos aos diferentes tipos de intervenção de reabilitação.

As melhorias no comportamento térmico foram conseguidas com ênfase em intervenções nos elementos constituintes da envolvente exterior, verificando-se assim como a sua solução construtiva condiciona a eficiência energética do imóvel, nomeadamente a envolvente opaca, e como é possível melhorar o seu desempenho atuando nesta.

5.3. Conclusões específicas

Terminado o estudo dos edifícios propostos, referem-se as conclusões e observações finais que se obtiveram da análise ao comportamento térmico dos edifícios existentes e após a reabilitação energética.

Salienta-se que os edifícios possuem características e especificidades dos edifícios antigos localizados numa zona histórica, cujas soluções construtivas diferem, significativamente, das técnicas atuais de construção.

Edifícios existentes

A grande espessura das paredes de pedra e o fato desta não incorporar qualquer isolamento térmico pelo interior origina que os edifícios atinjam uma classe de inércia térmica forte. Todavia, os elementos da envolvente exterior não cumprem os valores admissíveis de qualidade térmica do REH, nomeadamente os coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos.

Os edifícios têm maioritariamente necessidades de aquecimento promovidas pelo forte sombreamento dos edifícios circundantes, e em contrapartida, necessidades de arrefecimento relativamente baixas, devido ao fato dos ganhos solares serem

menores. Os valores elevados dos indicadores de aquecimento dos edifícios 1 (n^{os} 13 a 15) e 2 (n^{os} 31 a 33) ocorrem devido à existência de perdas térmicas substanciais através dos elementos da envolvente, sendo estas maiores na envolvente exterior (vãos envidraçados, paredes exteriores e cobertura). Constatou-se que as paredes são os elementos com mais perdas uma vez que representam a maior área em contacto com o exterior. A renovação de ar tem um papel essencial, nomeadamente nas perdas através da envolvente exterior.

Comparando o comportamento térmico dos diferentes pisos do edifício 1, através do *EnergyPlus*, verifica-se que o sótão é o que apresenta pior comportamento térmico, com maiores necessidades energéticas de aquecimento e de arrefecimento. O peso da cobertura nas trocas com o exterior é elevado, fato que se deve essencialmente à ausência de isolamento mas, também, à reduzida massa das coberturas em madeira. Relativamente aos ganhos no período de arrefecimento, verifica-se que os ganhos pela envolvente são elevados sobretudo através da cobertura devido à incidência da radiação, verificando-se também a forte influência dos ganhos internos e solares pelos envidraçados nos pisos mais elevados e sótão.

Edifícios após reabilitação

Em ambos os casos de estudo, consegue atuar-se no sentido da diminuição das necessidades de aquecimento, com intervenções na envolvente exterior opaca e vãos envidraçados, que melhoram as suas características térmicas, nomeadamente dos coeficientes de transmissão superficial que se aproximam dos valores de referência do REH.

De acordo como os dados do REH, a ação isolada de reforço dos vãos envidraçados, com adoção de vidros duplos ou janela dupla com vidro transparente e portadas interiores, exerceu uma influência mínima na melhoria do desempenho energético das envolventes analisadas, o seu contributo para a redução das necessidades de aquecimento refletir-se-á de forma mais significativa em fachadas com maiores áreas de envidraçados exteriores.

No que respeita à cobertura, é imprescindível a colocação de materiais isolantes térmicos neste elemento, nomeadamente soluções que permitam obter o coeficiente de transmissão térmica mais baixo. A aplicação das placas de poliestireno extrudido e de gesso cartonado pelo seu interior tiveram um impacto significativo na redução das trocas entre o interior e o exterior especialmente neste piso e adjacente, mostrando-se uma medida vantajosa quer para a redução das necessidades de aquecimento quer para as necessidades de arrefecimento.

A aplicação do reforço térmico na envolvente opaca vertical promove um acréscimo de perdas nos vãos envidraçados, sendo mais vantajosa no período de inverno. Esta medida em conjunto com as restantes baixaram a inércia térmica do edifício 1, mas promoveram para ambos os edifícios melhorias de 40% nas necessidades de aquecimento de acordo com o REH, e cerca de 55% segundo o *EnergyPlus*, considerando-se o cenário 3.

No período de Verão, os benefícios decorrentes das intervenções propostas ao nível do isolamento térmico são pouco significativas. Para a diminuição das necessidades de arrefecimento, destaca-se a importância dos sombreamentos e de uma ventilação noturna adequada.

5.4. Trabalhos futuros

Tendo por base o estudo realizado, podem definir-se alguns temas passíveis de serem desenvolvidos em futuros trabalhos de investigação.

O levantamento das características construtivas dos edifícios foi realizado através da observação dos mesmos pelo exterior, pelo que poderá resultar importante aprofundar esta análise através da observação interior dos mesmos, e também com recurso a métodos de diagnóstico não intrusivos.

Relativamente às medidas de intervenção, considera-se vantajoso fazer ainda estudos que englobem a análise de outras propostas passíveis de serem aplicadas. A grande variedade de soluções propostas pelo mercado torna por vezes difícil, por exemplo, a escolha do isolamento térmico mais eficiente e que melhor se adequa ao edifício a reabilitar. Por isso, importa deter conhecimento sobre as soluções tecnológicas e o seu desempenho, para que sejam implementadas medidas de eficiência energética com viabilidade quer ao nível da sustentabilidade quer económica. Assim, uma análise custo-benefício poderá ser desenvolvida, sendo importante avaliar, a influência dos materiais aplicados, tendo em conta todo o seu ciclo de vida.

As simulações dinâmicas efetuadas através do programa informático *DesignBuilder* foram realizadas na ótica de um utilizador, sendo que alguns parâmetros utilizados foram os sugeridos pela aplicação e outros, como o fluxo térmico pelas paredes adjacentes com os edifícios vizinhos foi desprezado. Neste sentido, torna-se importante explorar as potencialidades do programa relativamente aos vários dados a introduzir, bem como dos resultados que este disponibiliza. Como ficou demonstrado com este trabalho, a determinação, por exemplo, dos ganhos internos e da ventilação natural são importantes para a correta quantificação das necessidades energéticas, assim é importante haver uma definição dos padrões comportamentais dos habitantes mais adequados ao contexto real, de modo a poder prever o modo como ocupam a habitação, o tempo de permanência, abertura de janelas, e a forma como utilizam os equipamentos e os aparelhos de iluminação, e também uma definição de horários para o sombreamento e para a ventilação natural que expressem a realidade.

Poderão também ser realizadas simulações com outros cenários, como por exemplo com outras soluções de melhoria, comparando as diferenças nos resultados que se viesse a obter.

Bibliografia

- [Appleton, 1991], APPLETON, João A. S., *Edifícios antigos – Contribuição para o estudo do seu comportamento e das ações de reabilitação a empreender*, LNEC, Lisboa, 1991;
- [Appleton, 2003], APPLETON, João, *Reabilitação de edifícios antigos – Patologias e Tecnologias de Intervenção*, Edições Orion, Amadora, 2003;
- [Azevedo, 2011], AZEVEDO, Liliana, *Como intervir no centro histórico de Coimbra*, Gabinete para o Centro Histórico, Câmara Municipal de Coimbra, 2011;
- [Blinda et al, 2000], BLINDA, L., SAISI, A., TIRABOSCHI, C., *Investigation procedures for the diagnosis of historic masonries*, NDT&E International, Elsevier, 2000;
- [Brounen et al, 2011], BROUNEN, D., KOK, N., QUIGLEY, J. M., *Residential energy use and conservation – Economics and demographics*. European Economic Review. July 2011.
- [Costa, 1939], COSTA, F. Pereira, *Enciclopédia prática da construção civil*, Portugália Editora, Lisboa, 1939;
- [Costa, 1955], COSTA, F. Pereira, *Enciclopédia prática da construção civil*, Portugália Editora, Lisboa, 1955;
- [Costa, 2013], COSTA, Manuel. F. C. Coelho, *Aplicação do DesignBuilder à avaliação de soluções de aquecimento e arrefecimento de edifícios para diferentes zonas climáticas portuguesas*, FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013;
- Despachos n.º 15793 D, F, H, I, K/2013, Publicados no Diário da República, 2ª série, n.º 234 de 3 de Dezembro de 2013;
- [DesignBuilder, 2006], *DesignBuilder 1.2 - User manual*, DesignBuilder Software, Lda, 2006;
- [GHC, s.d.], Gabinete para o Centro Histórico, *Fichas de inventário da Rua Fernandes Tomás*, Câmara Municipal de Coimbra;
- [GHC, 2010], Gabinete para o Centro Histórico, *Ficha técnica da obra: Recuperação do imóvel sito na Rua Fernandes Tomás n.º 10 a 14*, Câmara Municipal de Coimbra, 2010;
- [GHC, 2012], Gabinete para o Centro Histórico, *Ficha técnica da obra: Recuperação do imóvel sito na Rua Fernandes Tomás n.º 13 a 15*, Câmara Municipal de Coimbra, 2012;
- [GHC, 2008], Gabinete para o Centro Histórico, *Ficha técnica da obra: Recuperação do imóvel sito na Rua Fernandes Tomás n.º 17 a 29*, Câmara Municipal de Coimbra, 2008;
- [GHC, 2005], Gabinete para o Centro Histórico, *Ficha técnica da obra: Recuperação do imóvel sito na Rua Fernandes Tomás n.º 31 a 33*, Câmara Municipal de Coimbra, 2005;
- [GHC, 2011], Gabinete para o Centro Histórico, *Ficha técnica da obra: Recuperação do imóvel sito na Rua Fernandes Tomás n.º 68 a 70*, Câmara Municipal de Coimbra, 2011;
- [GHC, 2004], Gabinete para o Centro Histórico, *Ficha técnica da obra: Recuperação do imóvel sito na Rua Fernandes Tomás n.º 83 a 85*, Câmara Municipal de Coimbra, 2004;
- [GHC, 2007], Gabinete para o Centro Histórico, *Ficha técnica da obra: Recuperação do imóvel sito na Rua Fernandes Tomás n.º 87 a 91*, Câmara Municipal de Coimbra, 2007;
- [GSEC, 2013], Gabinete do Secretário de Estado da Cultura, Publicado no Diário da República, Aviso n.º 14917/2013, 2ª série, n.º 236 de 5 de Dezembro de 2013;

[Leitão, 1896], LEITÃO, Luís Augusto, *Curso elementar de Construção*, Escola Central da Armada de Engenharia, Estado-maior do Exército, Lisboa, 1896;

[Martins et al, 2005], MARTINS, João Guerra; PEREIRA, Vasco, *Reabilitação - Materiais e técnicas tradicionais de construção*, Série Reabilitação, Universidade Fernando Pessoa, 2005;

[Nunes, 2003], NUNES, Luís Batista, *Construção civil - Volume II*, Escola Nacional de Bombeiros, Sintra, 2003;

[PDM, 1994], Plano Diretor Municipal de Coimbra, Resolução do conselho de ministros nº 24/94, Publicado no Diário da República, 1ª série-B, nº 94;

[PDM, 2014], Aprovação da 1ª revisão ao Plano Diretor Municipal de Coimbra, Aviso nº 7635/2014, Publicado no Diário da República, 2ª série, nº 124;

[Pinho, 2000], PINHO, Fernando F. S., *Paredes de edifícios antigos em Portugal*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2000;

Portaria nº 349-B/2013 de 29 de Novembro. Publicado no Diário da República, 1ª série, nº 232;

[Ramos, 2009], RAMOS, Ana T. V. Ferreira, *Os custos do desenvolvimento sustentável para a engenharia, arquitetura e construção nos processos de reabilitação*, Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil, 2009, Coimbra, Universidade de Coimbra, 2009;

REH, Regulamento do desempenho Energético dos Edifícios de Habitação, Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de agosto. Publicado no Diário da República, 1ª série, nº 159;

[Segurado, 1908], SEGURADO, J. Santos, *Alvenaria e cantaria*, Biblioteca de Instrução Profissional, Lisboa, 1908;

[Segurado, 1942], SEGURADO, J. S., *Trabalhos de carpintaria civil*, Biblioteca de Instrução Profissional, Livraria Bertrand Lisboa, 1942;

[TEIXEIRA, 2004], TEIXEIRA, Joaquim Lopes, *Descrição do sistema construtivo das casas burguesas do Porto entre os séculos XVII e XIX - Contributo para uma história da construção arquitetónica em Portugal*. Trabalho de síntese elaborado no âmbito das provas de aptidão pedagógica e capacidade científica. FAUP, Porto, 2004;

[VALINS, 2013] VALINS, Érica Cappelasso, *A casa das Talhas - Relatório de estágio*, Trabalho realizado para a obtenção do grau de Mestre em Conservação e Restauro, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2008;


[VICENTE, 2008] VICENTE, Romeu da Silva, *Estratégias e metodologias para intervenções de reabilitação urbana - Avaliação da vulnerabilidade e do risco sísmico do edificado da Baixa de Coimbra*, Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2008;


Anexos


Anexo 1 – Fichas de Caracterização do Edificado (1ª Versão)

Tabela A1.1 – Ficha de inspeção: Identificação e Caracterização do Edifício

EMSURE
Energy and Mobility for
Sustainable Regions







UNIAO EUROPEIA
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

Caracterização de Edifícios Existentes da Alta de Coimbra	
Ficha de Tipificação das Soluções da Envoltente	
Identificação e Caracterização do Edifício	

1. Identificação

Localização: Rua Fernandes Tomás - Coimbra	Freguesia: Almedina
Nº de Policia: _____	Código Postal: _____

2. Caracterização do Edifício

Classificação do edifício:	Privado <input type="checkbox"/>	Público <input type="checkbox"/>	Interesse Arquitectónico	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Tipologia estrutural:	Madeira e alvenaria <input type="checkbox"/>	Betão Armado <input type="checkbox"/>	Misto <input type="checkbox"/>	Outro <input type="checkbox"/>	_____
Nº pisos do Edifício:	Abaixo do solo: _____	Acima do solo: _____			
Implantação:	Banda meio <input type="checkbox"/>	Banda extremo <input type="checkbox"/>	Gaveto <input type="checkbox"/>	Isolado <input type="checkbox"/>	
Alinhamento da fachada com edifícios adjacentes:	Recuada <input type="checkbox"/>	Alinhada <input type="checkbox"/>	Avançada <input type="checkbox"/>		
Nº de fachadas com aberturas:	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Ano de Construção: _____	Última beneficiação (Ano): _____	Elemento intervencionado: _____			
<i>(Caso se verifique intervenção na envoltente exterior ou interior preencher respectivamente a ficha C1 ou a ficha C2)</i>					
Estado de conservação global (1-ruína; 2-mau; 3-razoável; 4-bom; 5-muito bom): 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/>					

3. Envoltente

Largura da via (em frente ao edifício): _____ m
Altura dos edifícios frontais: Igual <input type="checkbox"/> Superior <input type="checkbox"/> Inferior <input type="checkbox"/>
Altura dos edifícios confinantes: Igual <input type="checkbox"/> Superior <input type="checkbox"/> Inferior <input type="checkbox"/>

4. Utilização do Edifício

Andar	Pé direito	Comércio	Habitação	Serviços	Devoluto	Outro
R/C	_____ m	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> T _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____
1ª	_____ m	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> T _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____
2ª	_____ m	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> T _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____
3ª	_____ m	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> T _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____
4ª	_____ m	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> T _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____
5ª	_____ m	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> T _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____

Configuração do piso térreo: Espaço amplo Compartimentação diferente dos pisos superiores

Possibilidade de alteração: do uso da compartimentação:


5. Espaços Comuns


Exteriores:	Pátio <input type="checkbox"/>	Logradouro <input type="checkbox"/>		
Interiores:	Átrio <input type="checkbox"/>	Corredor <input type="checkbox"/>	Escadas <input type="checkbox"/>	ligação ao exterior: <input type="checkbox"/>


b. Observações

Tabela A1.3 – Ficha de inspeção A2: Paredes com edifícios adjacentes

EMSURE
Energy and Mobility for
Sustainable Regions







UNIAO EUROPEIA
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regio

Caracterização de Edifícios Existentes da Alta de Coimbra	
Ficha de Tipificação das Soluções da Envolvente Exterior	
Paredes com edifícios adjacentes	
	Ficha A2

1. Orientação N NO O SO S SE E NE

2. Constituição da parede

Função: Resistente

Tipo: Alvenaria de tijolo Maciço Vazado Simples Dupla Dimensões x cm
 Alvenaria de pedra Pedra irregular c/argamassa de cal Pedra aparelhada
 Frontal
 Outro Obs. _____

Espessura (cm): < 30 30-40 40-50 50-60 > 60 Alvenaria de tijolo Alvenaria de pedra Frontal Outro _____

	R/C	1º	2º	3º	4º	5º					
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Diminuição da espessura em altura: **Isolamento térmico:** Especifique _____

Parede em contacto com o solo:
 Parede enterrada: _____ Profundidade média _____ m Espessura da parede exposta: _____ m

3. Constituição dos revestimentos interiores da parede

	R/C	1º	2º	3º	4º	5º
Reboco tradicional (1:1:5 a 6)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reboco com areia do rio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Argamassa de cal (1:3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pintura tinta acrílica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pintura texturada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pintura de cal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Outro _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estuque	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Madeira	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Papel de parede	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Côr: _____ clara média escura Obs. _____

4. Registo de Anomalias

<p>Fissuração: Variação térmica ou teor humidade <input type="checkbox"/> Deformação dos elem. de suporte <input type="checkbox"/> Esmagamento localizado <input type="checkbox"/> Retração do revestimento <input type="checkbox"/> Assentamento de fundações <input type="checkbox"/> Devido a concentração de tensões <input type="checkbox"/> Outro _____ <input type="checkbox"/></p>	<p>Humidade: Condensações internas <input type="checkbox"/> Condensações superficiais <input type="checkbox"/> Infiltrações p/ caixilharia/fachada <input type="checkbox"/> Infiltrações pela cobertura <input type="checkbox"/> Humidade ascensional <input type="checkbox"/> Escorrências <input type="checkbox"/> Outro _____ <input type="checkbox"/></p>
<p>Outras: Tinta descascada/empolada <input type="checkbox"/> Queda de revestimento <input type="checkbox"/> Poluição, grafittis, musgos, bolores <input type="checkbox"/></p>	<p>Outras: Envelhecimento dos materiais <input type="checkbox"/> Destacamento/descolamento do revestimento <input type="checkbox"/> Outro _____ <input type="checkbox"/></p>

Obs. _____

5. Observações

Tabela A1.4 – Ficha de inspeção A3: Pavimentos/Coberturas (Envolvente Exterior)

EMSURE
Energy and Mobility for
Sustainable Regions

mais
CENTRO
Programa Operacional Regional do Centro

QR QUADRO DE REFERÊNCIA ESTRATÉGICO NACIONAL

UNIÃO EUROPEIA
 Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

Caracterização de Edifícios Existentes da Alta de Coimbra

Ficha de Tipificação das Soluções da Envolvente Exterior	Ficha
Pavimentos / Coberturas	A3

1. Identificação da envolvente:

Pavimento em contacto com o solo: Caixa de ar:

Pavimento elevado em contacto com o exterior: Uso do compartimento: _____

Cobertura: Desvão útil: Uso _____

2. Constituição do pavimento em contacto com o solo

Tipo: Lajedo de pedra Outro Especifique: _____

Pavimento térreo Isolamento perimetral: vertical horizontal Esp. do isolamento: _____ mm

Pavimento enterrado Profundidade média: _____ m

Espessura da parede exposta: _____ m

3. Constituição do pavimento elevado em contacto com o exterior

Tipo de estrutura de suporte: R/C 1º 2º 3º 4º 5º Espessura: _____ cm Isolamento térmico: Especifique: _____

Arcos ou abóbadas: de pedra ou de tijolo _____ cm

Betão armado: _____ cm

Perfis aço e abobadilha _____ cm

Outro _____ cm

4. Constituição dos revestimentos do pavimento

Revestimentos exteriores do pavimento elevado:	Revestimentos interiores do pavimento:
Tipos:	Tipos:
R/C 1º 2º 3º 4º 5º	R/C 1º 2º 3º 4º 5º
Reboco tradicional (1:1:5 a 6) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Reboco com areia do rio <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Argamassa de cal (1:3) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Pintura tinta acrílica <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Pintura texturada <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Pintura de cal <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Sem revestimento <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Outro _____ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Pedra <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Mosaico hidráulico <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Betonilha <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Alcatifa <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Vinílico <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Manta plástica <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Ladrilho cerâmico <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Soalho madeira <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Outro _____ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

5. Constituição da cobertura

Tipo de Geometria: Inclínada Plana Outra Nº de águas: 1 2 3 4 outra _____

Área coberta: _____ (m2)

Estrutura de suporte da cobertura:

Tipo: Madeira Apoiada em vigas Asna aberta Asna fechada

Betão Perfis pré-moldados Laje de betão

Outro Muretes de alvenaria

Inclinação da Cobertura: _____ (%) _____ (º) Suficiente Insuficiente

Características do revestimento da cobertura:

Tipo: Telha cerâmica Tipos de telhas: Telha tipo lusa

Fibrocimento Telha tipo canudo

Chapa metálica Telha tipo marselha

Outro Outra

Côr: _____ clara média escura Obs. _____

Singularidades:

Elementos da cobertura: Guarda pó Subtelha Laje de esteira Beiral

Vãos: Latermin de Mansarda Claraboia Área das aberturas: _____ (m2)

Recolha das águas pluviais: Algezo Caleira Interior Exterior

Isolamento térmico: Especifique _____

EMSURE
Energy and Mobility for
Sustainable Regions

mais
CENTRO
Programa Operacional Regional do Centro

QR
QUADRO DE REFERÊNCIA
ESTRATÉGICO
NACIONAL



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regi

Caracterização de Edifícios Existentes da Alta de Coimbra	
Ficha de Tipificação das Soluções da Envolvente Exterior	
Pavimentos / Coberturas	
	Ficha A3

6. Registo de Anomalias

Remates:	Utilização de argamassa excessiva Remate e pontos singulares mal concebidos Rufagem deficiente em remates Rufagem inexistente	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Fracturas:	Fractura por acção humana Fractura por acção térmica	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Degradação:	Corrosão em elementos metálicos Degradação e envelhecimento dos materiais	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Projecto:	Geometria inadequada Problemas de pendente	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Estrutura:	Deformação dos elementos de suporte Fissuração/esmagamento em asnas de madeira Fragilização da ligação da estrutura à parede	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Vegetação:	Musgos e bolores Vegetação pioneira	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Revestimento:	Desalinhamento do revestimento Descolagem do revestimento Encaixe ou sobreposição deficiente	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Humidade:	Condensações interiores Infiltrações	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Obs: _____					

6. Observações

Tabela A1.6 – Ficha de inspeção B1 – Paredes (Envolvente interior)




<p>EMSURE Energy and Mobility for Sustainable Regions</p>				<p>UNIAO EUROPEIA Fundo Europeu de Desenvolvimento Regio</p>																																																																																																									
Caracterização de Edifícios Existentes da Alta de Coimbra																																																																																																													
Ficha de Tipificação das Soluções da Envolvente Interior				Ficha																																																																																																									
Paredes				B1																																																																																																									
1. Identificação da envolvente:																																																																																																													
Espaço não útil adjacente: <input type="checkbox"/> Corredor: <input type="checkbox"/> Escadas: <input type="checkbox"/> Átrio: <input type="checkbox"/> Outro: <input type="checkbox"/>																																																																																																													
Localização: R/C <input type="checkbox"/> 1º <input type="checkbox"/> 2º <input type="checkbox"/> 3º <input type="checkbox"/> 4º <input type="checkbox"/> 5º <input type="checkbox"/>																																																																																																													
2. Constituição da parede																																																																																																													
Função: Resistente <input type="checkbox"/>																																																																																																													
Tipos: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>R/C</th> <th>1º</th> <th>2º</th> <th>3º</th> <th>4º</th> <th>5º</th> <th>Esp. (cm):</th> <th>< 10</th> <th>10-15</th> <th>15-20</th> <th>20-25</th> <th>25-30</th> <th>35-40</th> <th>>40</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alvenaria de pedra</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>R/C</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Alvenaria de tijolo</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>1º</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Madeira</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>2º</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Tabique fasquiado</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>3º</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Frontal</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>4º</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Outro _____</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>5º</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>						R/C	1º	2º	3º	4º	5º	Esp. (cm):	< 10	10-15	15-20	20-25	25-30	35-40	>40	Alvenaria de pedra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	R/C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Alvenaria de tijolo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Madeira	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tabique fasquiado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Frontal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Outro _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	R/C	1º	2º	3º	4º	5º	Esp. (cm):	< 10	10-15	15-20	20-25	25-30	35-40	>40																																																																																															
Alvenaria de pedra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	R/C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																															
Alvenaria de tijolo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																															
Madeira	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																															
Tabique fasquiado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																															
Frontal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																															
Outro _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																															
Diminuição da espessura em altura: <input type="checkbox"/> Isolamento térmico: <input type="checkbox"/> Especifique: _____																																																																																																													
Revestimentos das paredes: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>R/C</th> <th>1º</th> <th>2º</th> <th>3º</th> <th>4º</th> <th>5º</th> <th>Altura:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Reboco pintado</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____ m</td> </tr> <tr> <td>Estuque</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____ m</td> </tr> <tr> <td>Madeira</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____ m</td> </tr> <tr> <td>Azulejo</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____ m</td> </tr> <tr> <td>Papel de parede</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____ m</td> </tr> <tr> <td>Outro _____</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____ m</td> </tr> </tbody> </table>						R/C	1º	2º	3º	4º	5º	Altura:	Reboco pintado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ m	Estuque	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ m	Madeira	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ m	Azulejo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ m	Papel de parede	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ m	Outro _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ m																																																	
	R/C	1º	2º	3º	4º	5º	Altura:																																																																																																						
Reboco pintado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ m																																																																																																						
Estuque	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ m																																																																																																						
Madeira	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ m																																																																																																						
Azulejo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ m																																																																																																						
Papel de parede	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ m																																																																																																						
Outro _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ m																																																																																																						
3. Registo de anomalias em paredes																																																																																																													
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> Deformações: Abaulamentos <input type="checkbox"/> Perda de esquadria de vãos <input type="checkbox"/> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> Degradação: Descasque/queda de reboco <input type="checkbox"/> Descasque da tinta <input type="checkbox"/> </td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> Fissuras: Fissuras 45º <input type="checkbox"/> Fissuras verticais <input type="checkbox"/> Fissuras horizontais <input type="checkbox"/> Fissuras diferenciadas <input type="checkbox"/> </td> <td style="vertical-align: top;"> Humidade: Manchas <input type="checkbox"/> Bolores <input type="checkbox"/> Escorrências <input type="checkbox"/> Eflorescências/Criptoflorescências <input type="checkbox"/> </td> </tr> </table>					Deformações: Abaulamentos <input type="checkbox"/> Perda de esquadria de vãos <input type="checkbox"/>	Degradação: Descasque/queda de reboco <input type="checkbox"/> Descasque da tinta <input type="checkbox"/>	Fissuras: Fissuras 45º <input type="checkbox"/> Fissuras verticais <input type="checkbox"/> Fissuras horizontais <input type="checkbox"/> Fissuras diferenciadas <input type="checkbox"/>	Humidade: Manchas <input type="checkbox"/> Bolores <input type="checkbox"/> Escorrências <input type="checkbox"/> Eflorescências/Criptoflorescências <input type="checkbox"/>																																																																																																					
Deformações: Abaulamentos <input type="checkbox"/> Perda de esquadria de vãos <input type="checkbox"/>	Degradação: Descasque/queda de reboco <input type="checkbox"/> Descasque da tinta <input type="checkbox"/>																																																																																																												
Fissuras: Fissuras 45º <input type="checkbox"/> Fissuras verticais <input type="checkbox"/> Fissuras horizontais <input type="checkbox"/> Fissuras diferenciadas <input type="checkbox"/>	Humidade: Manchas <input type="checkbox"/> Bolores <input type="checkbox"/> Escorrências <input type="checkbox"/> Eflorescências/Criptoflorescências <input type="checkbox"/>																																																																																																												
Obs: _____																																																																																																													
4. Observações																																																																																																													

Tabela A1.7 – Ficha de inspeção B2 – Pavimentos/Tetos (Envolvente interior)




EMSURE Energy and Mobility for Sustainable Regions			 UNIÃO EUROPEIA Fundos Europeus de Desenvolvimento Regional																																																																																																																																																										
Caracterização de Edifícios Existentes da Alta de Coimbra																																																																																																																																																													
Ficha de Tipificação das Soluções da Envolvente Interior			Ficha B2																																																																																																																																																										
Pavimentos / tectos																																																																																																																																																													
1. Identificação da envolvente:																																																																																																																																																													
Espaço não útil adjacente: Desvão não útil <input type="checkbox"/> Comércio <input type="checkbox"/> Escadas <input type="checkbox"/> Cave não aquecida <input type="checkbox"/> Outro <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																													
Localização: R/C <input type="checkbox"/> 1º <input type="checkbox"/> 2º <input type="checkbox"/> 3º <input type="checkbox"/> 4º <input type="checkbox"/> 5º <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																													
2. Constituição do pavimento / tecto																																																																																																																																																													
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Tipo de estrutura de suporte:</th> <th>R/C</th> <th>1º</th> <th>2º</th> <th>3º</th> <th>4º</th> <th>5º</th> <th>Espessura:</th> <th>Secção perfis/barrotes:</th> <th>Afastamento:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vigamento de madeira</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____ cm</td> <td>_____ X _____</td> <td>_____ cm</td> </tr> <tr> <td>Laje aligeirada</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____ cm</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Laje maciça</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____ cm</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Madeira com perfis aço</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____ cm</td> <td>_____ X _____</td> <td>_____ cm</td> </tr> <tr> <td>Outro _____</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____ cm</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Tipo de estrutura de suporte:	R/C	1º	2º	3º	4º	5º	Espessura:	Secção perfis/barrotes:	Afastamento:	Vigamento de madeira	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ cm	_____ X _____	_____ cm	Laje aligeirada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ cm			Laje maciça	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ cm			Madeira com perfis aço	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ cm	_____ X _____	_____ cm	Outro _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ cm																																																																																																
Tipo de estrutura de suporte:	R/C	1º	2º	3º	4º	5º	Espessura:	Secção perfis/barrotes:	Afastamento:																																																																																																																																																				
Vigamento de madeira	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ cm	_____ X _____	_____ cm																																																																																																																																																				
Laje aligeirada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ cm																																																																																																																																																						
Laje maciça	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ cm																																																																																																																																																						
Madeira com perfis aço	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ cm	_____ X _____	_____ cm																																																																																																																																																				
Outro _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ cm																																																																																																																																																						
Ligação do pavimento à parede: Encastramento das vigas <input type="checkbox"/> Argamassada <input type="checkbox"/> Frechal <input type="checkbox"/> com ferrolhos <input type="checkbox"/> com tirantes <input type="checkbox"/> com cachorros <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																													
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Revestimentos do pavimento:</th> <th>R/C</th> <th>1º</th> <th>2º</th> <th>3º</th> <th>4º</th> <th>5º</th> <th style="text-align: left;">Revestimentos do tecto:</th> <th>R/C</th> <th>1º</th> <th>2º</th> <th>3º</th> <th>4º</th> <th>5º</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pedra</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>Madeira</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Mosaico hidráulico</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>Estrutura à vista</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Betonilha</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>Areado fino</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Madeira colada</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>Reboco pintado</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Alcatifa</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>Estuque</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Vinílico</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>Forro</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Manta plástica</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>Tecto falso</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ladrilho cerâmico</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>Outro _____</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Soalho madeira</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Outro _____</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table>				Revestimentos do pavimento:	R/C	1º	2º	3º	4º	5º	Revestimentos do tecto:	R/C	1º	2º	3º	4º	5º	Pedra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Madeira	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mosaico hidráulico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Estrutura à vista	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Betonilha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Areado fino	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Madeira colada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Reboco pintado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Alcatifa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Estuque	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vinílico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Forro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Manta plástica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tecto falso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ladrilho cerâmico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Outro _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Soalho madeira	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								Outro _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
Revestimentos do pavimento:	R/C	1º	2º	3º	4º	5º	Revestimentos do tecto:	R/C	1º	2º	3º	4º	5º																																																																																																																																																
Pedra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Madeira	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																
Mosaico hidráulico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Estrutura à vista	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																
Betonilha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Areado fino	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																
Madeira colada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Reboco pintado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																
Alcatifa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Estuque	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																
Vinílico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Forro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																
Manta plástica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tecto falso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																
Ladrilho cerâmico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Outro _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																
Soalho madeira	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																							
Outro _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																							
Isolamento térmico: <input type="checkbox"/> Especifique: _____																																																																																																																																																													
3. Registo de anomalias em pavimentos																																																																																																																																																													
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> Madeira: Apodrecimento por humidades <input type="checkbox"/> Desgaste <input type="checkbox"/> Deformação excessiva <input type="checkbox"/> Fissuras em madeira <input type="checkbox"/> Ataque biológico <input type="checkbox"/> Abaulamento <input type="checkbox"/> Envelhecimento <input type="checkbox"/> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> Plásticos Alcatifas/Mantas Rasgos em alcatifas <input type="checkbox"/> Descolagem em alcatifas <input type="checkbox"/> Desgaste em alcatifas <input type="checkbox"/> Descolagem de mantas <input type="checkbox"/> Rasgos de mantas <input type="checkbox"/> Desgaste de mantas <input type="checkbox"/> Envelhecimento <input type="checkbox"/> </td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> Cerâmicos: Fissuras no revestimento <input type="checkbox"/> Desgaste em mosaicos <input type="checkbox"/> Envelhecimento <input type="checkbox"/> </td> <td style="vertical-align: top;"> Deslocamento: perda de aderência <input type="checkbox"/> empolamento <input type="checkbox"/> Alteração da cor <input type="checkbox"/> </td> </tr> </tbody> </table>				Madeira: Apodrecimento por humidades <input type="checkbox"/> Desgaste <input type="checkbox"/> Deformação excessiva <input type="checkbox"/> Fissuras em madeira <input type="checkbox"/> Ataque biológico <input type="checkbox"/> Abaulamento <input type="checkbox"/> Envelhecimento <input type="checkbox"/>	Plásticos Alcatifas/Mantas Rasgos em alcatifas <input type="checkbox"/> Descolagem em alcatifas <input type="checkbox"/> Desgaste em alcatifas <input type="checkbox"/> Descolagem de mantas <input type="checkbox"/> Rasgos de mantas <input type="checkbox"/> Desgaste de mantas <input type="checkbox"/> Envelhecimento <input type="checkbox"/>	Cerâmicos: Fissuras no revestimento <input type="checkbox"/> Desgaste em mosaicos <input type="checkbox"/> Envelhecimento <input type="checkbox"/>	Deslocamento: perda de aderência <input type="checkbox"/> empolamento <input type="checkbox"/> Alteração da cor <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Madeira: Apodrecimento por humidades <input type="checkbox"/> Desgaste <input type="checkbox"/> Deformação excessiva <input type="checkbox"/> Fissuras em madeira <input type="checkbox"/> Ataque biológico <input type="checkbox"/> Abaulamento <input type="checkbox"/> Envelhecimento <input type="checkbox"/>	Plásticos Alcatifas/Mantas Rasgos em alcatifas <input type="checkbox"/> Descolagem em alcatifas <input type="checkbox"/> Desgaste em alcatifas <input type="checkbox"/> Descolagem de mantas <input type="checkbox"/> Rasgos de mantas <input type="checkbox"/> Desgaste de mantas <input type="checkbox"/> Envelhecimento <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																												
Cerâmicos: Fissuras no revestimento <input type="checkbox"/> Desgaste em mosaicos <input type="checkbox"/> Envelhecimento <input type="checkbox"/>	Deslocamento: perda de aderência <input type="checkbox"/> empolamento <input type="checkbox"/> Alteração da cor <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																												
Obs: _____																																																																																																																																																													
4. Registo de anomalias em tectos																																																																																																																																																													
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> Deformações: Abaulamentos de forros <input type="checkbox"/> Perda de esquadria de vãos <input type="checkbox"/> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> Degradação: Descasque/queda de reboco <input type="checkbox"/> Descasque da tinta <input type="checkbox"/> </td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> Humidade: Manchas <input type="checkbox"/> Bolores <input type="checkbox"/> Apodrecimento dos forros <input type="checkbox"/> </td> <td style="vertical-align: top;"> Ataque biológico: Danificação de madeiras <input type="checkbox"/> Outra: _____ <input type="checkbox"/> </td> </tr> </tbody> </table>				Deformações: Abaulamentos de forros <input type="checkbox"/> Perda de esquadria de vãos <input type="checkbox"/>	Degradação: Descasque/queda de reboco <input type="checkbox"/> Descasque da tinta <input type="checkbox"/>	Humidade: Manchas <input type="checkbox"/> Bolores <input type="checkbox"/> Apodrecimento dos forros <input type="checkbox"/>	Ataque biológico: Danificação de madeiras <input type="checkbox"/> Outra: _____ <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Deformações: Abaulamentos de forros <input type="checkbox"/> Perda de esquadria de vãos <input type="checkbox"/>	Degradação: Descasque/queda de reboco <input type="checkbox"/> Descasque da tinta <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																												
Humidade: Manchas <input type="checkbox"/> Bolores <input type="checkbox"/> Apodrecimento dos forros <input type="checkbox"/>	Ataque biológico: Danificação de madeiras <input type="checkbox"/> Outra: _____ <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																												
Obs: _____																																																																																																																																																													
5. Observações <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>																																																																																																																																																													

Tabela A1.9 – Ficha de inspeção C1 – Intervenções na Envolvente exterior




EMSURE Energy and Mobility for Sustainable Regions			 UNIÃO EUROPEIA Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
Caracterização de Edifícios Existentes da Alta de Coimbra			
Ficha de Intervenções na Envolvente - Reabilitação Energética			Ficha
Envolvente exterior			C1
1. Paredes:			
Isolante térmico (IT):			
IT exterior:	Revestimentos não-isolantes independentes (com IT na caixa de ar) Sistemas compósitos de IT pelo exterior com revestimento sobre isolante (Vétures) Revestimento isolantes		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
IT Interior:	Painéis isolantes pré-fabricados fixados Revestimentos reflectores Contra-fachada	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	IT na caixa de ar: Injecção de produtos a granel Injecção de espumas isolantes <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2. Pavimentos:			
Isolante térmico (IT):			
IT inferior:	Sistemas compósitos de IT Revestimento isolantes Tectos-falsos	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	IT superior: Camada isolante de betão leve sob o revestimento Camada de IT sob piso flutuante <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
IT intermédio:	Preenchimento dos vazios entre as vigotas dos pavimentos de madeira com um IT <input type="checkbox"/>		
3. Coberturas			
Isolante térmico (IT) em coberturas inclinadas:			
IT sobre as madres:	Painéis isolantes especiais Mantas de material isolante Placas de material isolante	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	IT sob as varas: Mantas de material isolante Placas de material isolante Projecção de espumas isolantes Soluções reflectantes <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Isolante térmico (IT) em coberturas planas:			
IT superior:	Cobertura invertida Suportes isolantes de impermeabilização	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	IT inferior: Tectos-falsos <input type="checkbox"/>
IT intermédio:	Isolante entre a laje e a camada de forma <input type="checkbox"/>		
4. Vãos Envidraçados			
Reforço do isolamento dos vãos envidraçados:			
Substituição dos componentes dos vãos	<input type="checkbox"/>	Criação de janelas duplas	<input type="checkbox"/>
Utilização de envidraçados de elevado desempenho	<input type="checkbox"/>	Substituição de vidros simples por vidros duplos	<input type="checkbox"/>
Redução da permeabilidade do ar s/ substituição dos caixilhos por:			
afinação dos caixilhos com ajuste de posições	<input type="checkbox"/>	substituição de materiais envelhecidos das juntas	<input type="checkbox"/>
interposição de perfis vedantes nas juntas móveis	<input type="checkbox"/>		
Aplicação de 2º Caixilho	<input type="checkbox"/>		
Aplicação de protecções solares (oclusão noturna)	<input type="checkbox"/>		
Adição de dispositivos:	Exteriores <input type="checkbox"/>	Intercalares <input type="checkbox"/>	Interiores <input type="checkbox"/>
Isolamento térmico das caixas de estore	<input type="checkbox"/>		
Controlo dos ganhos solares:			
Controlo das propriedades solares-ópticas dos envidraçados	<input type="checkbox"/>	Utilização de dispositivos de sombreamento	<input type="checkbox"/>
Redução da área das aberturas envidraçadas	<input type="checkbox"/>		
5. Outras Intervenções			

Tabela A1.10 – Ficha de inspeção C2 – Intervenções na Envolveinte interior








EMSURE Energy and Mobility for Sustainable Regions			 UNIÃO EUROPEIA Fundo Europeu de Desenvolvimento Regio
Caracterização de Edifícios Existentes da Alta de Coimbra			
Ficha de Intervenções na Envolveinte - Reabilitação Energética			Ficha
Envolveinte Interior			C2
1. Paredes:			
Isolante térmico (IT):			
IT exterior:	Sistemas compósitos de IT pelo exterior com revestimento sobre isolante (Vêtures) Revestimento isolantes		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
IT Interior:	Painéis isolantes pré-fabricados fixados Revestimentos reflectores Contra-fachada	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	IT na caixa de ar: Injecção de produtos a granel Injecção de espumas isolantes
			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2. Pavimentos:			
Isolante térmico (IT):			
IT inferior:	Revestimento isolantes Tectos-falsos	<input type="checkbox"/>	IT superior: Camada isolante de betão leve sob o revestimento Camada de IT sob piso flutuante
			<input type="checkbox"/>
IT intermédio:	Preenchimento dos vazios entre as vigotas dos pavimentos de madeira com um IT		<input type="checkbox"/>
3. Esteira:			
Isolante térmico (IT):			
IT superior:	Mantas isolantes Placas e material isolante Material isolante a granel	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	IT inferior: Revestimento isolantes Tectos-falsos
			<input type="checkbox"/>
4. Vãos Envidraçados			
Reforço do isolamento dos vãos envidraçados:			
Substituição dos componentes dos vãos	<input type="checkbox"/>	Criação de janelas duplas	<input type="checkbox"/>
Utilização de envidraçados de elevado desempenho	<input type="checkbox"/>	Substituição de vidros simples por vidros duplos	<input type="checkbox"/>
Redução da permeabilidade do ar s/ substituição dos caixilhos por:		substituição de materiais envelhecidos das juntas	<input type="checkbox"/>
afinação dos caixilhos com ajuste de posições	<input type="checkbox"/>		
interposição de perfis vedantes nas juntas móveis	<input type="checkbox"/>		
Aplicação de 2º Caixilho	<input type="checkbox"/>		
Aplicação de protecções solares (oclusão noturna)	<input type="checkbox"/>		
Adição de dispositivos:	Exteriores <input type="checkbox"/>	Intercalares <input type="checkbox"/>	Interiores <input type="checkbox"/>
Isolamento térmico das caixas de estore	<input type="checkbox"/>		
Controlo dos ganhos solares:			
Controlo das propriedades solares-ópticas dos envidraçados	<input type="checkbox"/>	Utilização de dispositivos de sombreamento	<input type="checkbox"/>
Redução da área das aberturas envidraçadas	<input type="checkbox"/>		
5. Outras Intervenções			

Tabela A1.11 – Ficha de inspeção D – Equipamentos

EMSURE Energy and Mobility for Sustainable Regions			 UNIÃO EUROPEIA Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
Caracterização de Edifícios Existentes da Alta de Coimbra			
Ficha de Tipificação das Soluções da Envolvente			Ficha D
Equipamentos			
1. Equipamentos de Aquecimento:			
Tipo: Termoacumulador eléctrico <input type="checkbox"/> Resistência eléctrica <input type="checkbox"/> Caldeira a combustível líquido ou gasoso <input type="checkbox"/> Caldeira a combustível sólido, recuperador ou salamandra <input type="checkbox"/> Sistema de ar condicionado <input type="checkbox"/> Outro eléctrico <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Fonte de energia: Electricidade <input type="checkbox"/> Gasóleo <input type="checkbox"/> Gás Canalizado <input type="checkbox"/> Gás de garrafa <input type="checkbox"/> Biomassa <input type="checkbox"/> Biomassa (não renovável) <input type="checkbox"/> Outro <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Potência: _____ Eficiência Nominal _____ %		Fracção servida: _____	
Idade do sistema: _____		Localização: R/C <input type="checkbox"/> 1º <input type="checkbox"/> 2º <input type="checkbox"/> 3º <input type="checkbox"/> 4º <input type="checkbox"/> 5º <input type="checkbox"/>	
2. Equipamentos de arrefecimento:			
Tipo: Sistema de ar condicionado <input type="checkbox"/> Outro eléctrico <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Fonte de energia: Electricidade <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Potência: _____ Eficiência Nominal _____ %		Fracção servida: _____	
Idade do sistema: _____		Localização: R/C <input type="checkbox"/> 1º <input type="checkbox"/> 2º <input type="checkbox"/> 3º <input type="checkbox"/> 4º <input type="checkbox"/> 5º <input type="checkbox"/>	
3. Equipamentos de produção de AQS			
Tipo: Termoacumulador eléctrico <input type="checkbox"/> Esquentador a combustível líquido ou gasoso <input type="checkbox"/> Caldeira a combustível líquido ou gasoso <input type="checkbox"/> Caldeira a combustível sólido, recuperador ou salamandra <input type="checkbox"/> Outro eléctrico <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Fonte de energia: Electricidade <input type="checkbox"/> Gasóleo <input type="checkbox"/> Gás Canalizado <input type="checkbox"/> Gás de garrafa <input type="checkbox"/> Biomassa <input type="checkbox"/> Biomassa (não renovável) <input type="checkbox"/> Outro <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Potência: _____ Eficiência Nominal _____ %		Fracção servida: _____	
Idade do sistema: _____		Localização: R/C <input type="checkbox"/> 1º <input type="checkbox"/> 2º <input type="checkbox"/> 3º <input type="checkbox"/> 4º <input type="checkbox"/> 5º <input type="checkbox"/>	
4. Sistemas renováveis			
Tipo: Solar Térmico <input type="checkbox"/> Solar Fotovoltaico <input type="checkbox"/> Outro <input type="checkbox"/>	Fonte de energia renovável: Renovável térmica <input type="checkbox"/> Renovável eléctrica <input type="checkbox"/>	Utilização: Aquecimento <input type="checkbox"/> Arrefecimento <input type="checkbox"/> AQS <input type="checkbox"/> Ventilação <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Localização: R/C <input type="checkbox"/> 1º <input type="checkbox"/> 2º <input type="checkbox"/> 3º <input type="checkbox"/> 4º <input type="checkbox"/> 5º <input type="checkbox"/>		Fracção servida: _____	
5. Ventilação			
Localização: R/C <input type="checkbox"/> 1º <input type="checkbox"/> 2º <input type="checkbox"/> 3º <input type="checkbox"/> 4º <input type="checkbox"/> 5º <input type="checkbox"/>			
Compartimentos interiores: Cozinha <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> I.S. <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/>	Ventilação: Natural <input type="checkbox"/> Mecânica <input type="checkbox"/>		
Meios mecânicos <input type="checkbox"/> Meios híbridos (< 20 Pa): <input type="checkbox"/> Pressão total (Pa) _____		Rendimento total(%) _____	
Sistema de recuperação de calor: <input type="checkbox"/> By-pass ao recuperador de calor no verão <input type="checkbox"/>		Exaustão: <input type="checkbox"/> Insuflação: <input type="checkbox"/>	
Fachadas com aberturas de ventilação natural: 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/>			
Obstáculos em frente às fachadas: <input type="checkbox"/>			
Aberturas de admissão de ar na fachada: <input type="checkbox"/> fixas <input type="checkbox"/> reguláveis manualmente <input type="checkbox"/> auto-reguláveis <input type="checkbox"/>			
Conduitas de ventilação natural sem obstrução ao escoamento: <input type="checkbox"/> Nº conduitas: _____		Exaustão: <input type="checkbox"/> Insuflação: <input type="checkbox"/>	
6. Observações			

Anexo 2 – Fichas de Caracterização do Edificado (2ª Versão – Simplificada – Observação visual pelo exterior do edifício)

Tabela A2.1 – Ficha de inspeção: Identificação e Caracterização do Edifício



Caracterização de Edifícios Existentes da Alta de Coimbra	
Ficha de Tipificação das Soluções da Envolvente	
Identificação e Caracterização do Edifício	

1. Identificação

Localização: Rua Fernandes Tomás - Coimbra Freguesia: Almedina
 Nº de Polícia: _____ Código Postal: _____

2. Caracterização do Edifício

Classificação do edifício: Privado Público Interesse Arquitectónico Sim Não

Tipologia estrutural: Madeira e alvenaria Betão Armado Misto Outro _____

Nº pisos do Edifício: Abaixo do solo: _____ Acima do solo: _____

Implantação: Banda meio Banda extremo Gaveto Isolado

Alinhamento da fachada com edifícios adjacentes: Recuada Alinhada Avançada

Nº de fachadas com aberturas: 1 2 3 4 5 _____

Ano de Construção: _____ Última beneficiação (Ano): _____ Elemento intervencionado: _____

(Caso se verifique intervenção na envolvente exterior ou interior preencher respectivamente a ficha C1 ou a ficha C2)

Estado de conservação global [1-ruína; 2-mau; 3-razoável; 4-bom; 5-muito bom]: 1 2 3 4 5

3. Envolvente

Largura da via (em frente ao edifício): _____ m

Altura dos edifícios frontais: Igual Superior Inferior

Altura dos edifícios confinantes: Igual Superior Inferior

4. Utilização do Edifício

Andar	Pé direito	Comércio	Habitação	Serviços	Devoluto	Outro
R/C	_____ m	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1º	_____ m	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2º	_____ m	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3º	_____ m	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4º	_____ m	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5º	_____ m	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Configuração do piso térreo: Espaço amplo Compartimentação diferente dos pisos superiores

5. Espaços Comuns

Exteriores: Pátio Logradouro

Interiores: Átrio Corredor Escadas ligação ao exterior:

6. Observações

Tabela A2.2 – Ficha de inspeção A1: Paredes exteriores

EMSURE
Energy and Mobility for
Sustainable Regions

mais
CENTRO
Programa Operacional Regional do Centro

QR
QUADRO DE REFERÊNCIA
ESBÁTICO NACIONAL

UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

Caracterização de Edifícios Existentes da Alta de Coimbra	
Ficha de Tipificação das Soluções da Envolvente Exterior	Ficha
Paredes exteriores	A1

1. Orientação N NO O SO S SE E NE

2. Constituição da parede

Função: Resistente

Tipo: Alvenaria de tijolo
 Alvenaria de pedra Pedra irregular c/argamassa de cal Pedra calcária aparelhada
 Outro _____ Obs. _____

Espessura (cm):

	< 50	50-60	60-70	70-80	80-90	> 90	Frisos:	Sacadas:	Nº portas:	Nº janelas:
R/C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1ª	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2ª	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3ª	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4ª	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5ª	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Diminuição da espessura em altura: Isolamento térmico: Especifique: _____

Parede em contacto com o solo:

Parede enterrada: _____ Profundidade média: _____ m Espessura da parede exposta: _____ m

3. Constituição do revestimento exterior da parede

Tipo:										
Reboco tradicional (1:1.5 a 6)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Argamassa de cal (1:3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pintura tinta acrílica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pintura texturada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pintura de cal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Revestimento cerâmico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Placagem de pedra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Outro _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Registo de Anomalias

Fissuração:	Humidade:
Variação térmica ou teor humidade <input type="checkbox"/>	Condensações internas <input type="checkbox"/>
Deformação dos elem. de suporte <input type="checkbox"/>	Condensações superficiais <input type="checkbox"/>
Esmagamento localizado <input type="checkbox"/>	Infiltrações p/ caixilharia/fachada <input type="checkbox"/>
Retracção do revestimento <input type="checkbox"/>	Infiltrações pela cobertura <input type="checkbox"/>
Assentamento de fundações <input type="checkbox"/>	Humidade ascensional <input type="checkbox"/>
Devido a concentração de tensões <input type="checkbox"/>	Escorrências <input type="checkbox"/>
Outro _____ <input type="checkbox"/>	Outro _____ <input type="checkbox"/>

Outras: Tinta descascada/empolada Envelhecimento dos materiais
 Queda de revestimento Destacamento/descolamento do revestimento
 Poluição, grafittis, musgos, bolores Outro _____

Obs. _____


5. Observações

Tabela A2.3 – Ficha de inspeção A3: Pavimentos/Coberturas (Envolvente Exterior)

EMSURE
Energy and Mobility for
Sustainable Regions

mais
CENTRO
Programa Operacional Regional do Centro

QR QUADRO DE REFERÊNCIA
ORIENTADO
NACIONAL
INICIATIVA



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional

Caracterização de Edifícios Existentes da Alta de Coimbra	
Ficha de Tipificação das Soluções da Envolveinte Exterior	Ficha
Pavimentos / Coberturas	A3

1. Identificação da envolvente:

Pavimento em contacto com o solo: Caixa de ar:
 Pavimento elevado em contacto com o exterior: Uso do compartimento: _____
 Cobertura: Desvão útil: Uso _____

2. Constituição do pavimento em contacto com o solo

Tipo: Lajedo de pedra Outro Especifique: _____
 Pavimento têrreo Isolamento perimetral: vertical horizontal Esp. do isolamento: _____ mm
 Pavimento enterrado Profundidade média: _____ m
 Espessura da parede exposta: _____ m

3. Constituição do pavimento elevado em contacto com o exterior

Tipo de estrutura de suporte: R/C 1º 2º 3º 4º 5º Espessura: _____ cm Isolamento térmico: Especifique: _____
 Arcos ou abóbadas: de pedra ou de tijolo _____ cm
 Betão armado: _____ cm
 Perfis aço e abobadilha _____ cm
 Outro _____ cm

4. Constituição dos revestimentos do pavimentos exteriores

Tipos:	R/C					Côres:		
	1º	2º	3º	4º	5º	Clara	Média	Escura
Reboco tradicional (1:1:5 a 6)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reboco com areia do rio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Argamassa de cal (1:3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pintura tinta acrílica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pintura texturada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pintura de cal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sem revestimento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Outro _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Constituição da cobertura

Tipo de Geometria: Inclinação Plana Outra N.º de águas: 1 2 3 4 outra _____
 Área coberta: _____ (m²)
 Inclinação da Cobertura: _____ (%) _____ (º) Suficiente Insuficiente
 Características do revestimento da cobertura:
 Tipo: Telha cerâmica Fibrocimento Chapa metálica Outro Tipos de telhas: Telha tipo lusa Telha tipo canudo Telha tipo marselha Outra
 Cór: _____ clara média escura Obs. _____
 Singularidades:
 Elementos da cobertura: Guarda pó Subtelha Laje de esteira Beiral
 Vãos: Laternin de Mansarda Claraboia Área das aberturas: _____ (m²)
 Recolha das águas pluviais: Algeroz Caleira Interior Exterior
 Isolamento térmico: Especifique _____

EMSURE
Energy and Mobility for
Sustainable Regions

mais
CENTRO
Programa Operacional Regional do Centro

QR
QUADRO DE REFERÊNCIA
TÉRMICO NACIONAL
1996/2006

UNIÃO EUROPEIA
FUNDO EUROPEO
de Desenvolvimento Regional

Caracterização de Edifícios Existentes da Alta de Coimbra

Ficha de Tipificação das Soluções da Envolvente Exterior

Ficha
A3

Pavimentos / Coberturas

6. Registo de Anomalias

Remates:	Utilização de argamassa excessiva Remate e pontos singulares mal concebidos Rufagem deficiente em remates Rufagem inexistente	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Fracturas:	Fractura por acção humana Fractura por acção térmica	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Degradação:	Corrosão em elementos metálicos Degradação e envelhecimento dos materiais	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Projecto:	Geometria inadequada Problemas de pendente	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Estrutura:	Deformação dos elementos de suporte Fissuração/esmagamento em asnas de madeira Fragilização da ligação da estrutura à parede	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Vegetação:	Musgos e bolores Vegetação pioneira	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Revestimento:	Desalinhamento do revestimento Descolagem do revestimento Encaixe ou sobreposição deficiente	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Humidade:	Condensações interiores Infiltrações	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Obs.					

6. Observações

Tabela A2.4 – Ficha de inspeção A4: Envidraçados (Envoltente exterior)





<p>EMSURE Energy and Mobility for Sustainable Regions</p>	<p>mais CENTRO <small>Programa Operacional Regional do Centro</small></p>	<p>QR <small>QUADRO DE REFERÊNCIA QUALITATIVO NACIONAL</small></p>	 <p>UNIÃO EUROPEIA <small>Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional</small></p>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Caracterização de Edifícios Existentes da Alta de Coimbra																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Ficha de Tipificação das Soluções da Envoltente Exterior			Ficha A4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Envidraçados																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
<p>1. Orientação: N <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> SO <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> SE <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> Horizontal <input type="checkbox"/></p>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
<p>2. Constituição dos vãos envidraçados</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Material da caixilharia:</td> <td colspan="2">Quadricula:</td> <td colspan="3">Côres:</td> </tr> <tr> <td>Alumínio</td> <td>Ferro</td> <td>Madeira</td> <td>PVC</td> <td>Outro _____</td> <td>Sem</td> <td>Com</td> <td>Clara</td> <td>Média</td> <td>Escura</td> </tr> <tr> <td>R/C</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>1º</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2º</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>3º</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>4º</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>5º</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Classe da caixilharia:</td> <td colspan="2">Tipo de envidraçado:</td> <td colspan="2">Espessura:</td> <td colspan="4">Côres:</td> </tr> <tr> <td>Sem</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>Simples</td> <td>Duplo</td> <td>_____ mm</td> <td>Incolor</td> <td>Colorido</td> <td>Reflector</td> <td>Fosco</td> </tr> <tr> <td>R/C</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>_____ mm</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>1º</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>_____ mm</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2º</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>_____ mm</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>3º</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>_____ mm</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>4º</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>_____ mm</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>5º</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>_____ mm</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Dispositivos de protecção solar exterior:</td> <td colspan="5">Côres:</td> </tr> <tr> <td>R/C</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>1º</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2º</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>3º</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>4º</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>5º</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Portada de madeira</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Persiana de réguas de madeira</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Persiana de réguas metálicas/plásticas</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Estore veneziano de réguas de madeira</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Estore veneziano de lâminas metálicas</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Lona opaca</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Lona transparente</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Lona muito transparente</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Dispositivos de protecção solar interior:</td> <td colspan="5">Côres:</td> </tr> <tr> <td>R/C</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>1º</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2º</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>3º</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>4º</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>5º</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Estores de lâminas</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Cortinas opacas</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Cortinas ligeiramente transparentes</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Cortinas transparentes</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Cortinas muito transparentes</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Portadas opacas</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Persianas</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Protecção entre 2 vidros:</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Estore veneziano</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Lâminas delgadas</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Caixas de estore:</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Exterior</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td colspan="2">Interior</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td colspan="2">Isolamento térmico</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td colspan="2">Vedante</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Vão envidraçado à face exterior da parede:</td> <td colspan="5"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Sombreamento:</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td colspan="7">Palas horizontais</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td colspan="2">Palas verticais</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td colspan="5"></td> </tr> </table>				Material da caixilharia:		Quadricula:		Côres:			Alumínio	Ferro	Madeira	PVC	Outro _____	Sem	Com	Clara	Média	Escura	R/C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Classe da caixilharia:		Tipo de envidraçado:		Espessura:		Côres:				Sem	1	2	3	4	Simples	Duplo	_____ mm	Incolor	Colorido	Reflector	Fosco	R/C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dispositivos de protecção solar exterior:							Côres:					R/C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Portada de madeira							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Persiana de réguas de madeira							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Persiana de réguas metálicas/plásticas							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Estore veneziano de réguas de madeira							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Estore veneziano de lâminas metálicas							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lona opaca							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lona transparente							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lona muito transparente							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dispositivos de protecção solar interior:							Côres:					R/C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Estores de lâminas							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cortinas opacas							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cortinas ligeiramente transparentes							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cortinas transparentes							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cortinas muito transparentes							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Portadas opacas							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Persianas							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Protecção entre 2 vidros:							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Estore veneziano							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lâminas delgadas							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Caixas de estore:												Exterior							<input type="checkbox"/>	Interior		<input type="checkbox"/>	Isolamento térmico		<input type="checkbox"/>	Vedante		<input type="checkbox"/>	Vão envidraçado à face exterior da parede:							<input type="checkbox"/>					Sombreamento:												Palas horizontais							<input type="checkbox"/>	Palas verticais		<input type="checkbox"/>					
Material da caixilharia:		Quadricula:		Côres:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Alumínio	Ferro	Madeira	PVC	Outro _____	Sem	Com	Clara	Média	Escura																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
R/C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
1º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
2º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
3º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
4º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
5º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Classe da caixilharia:		Tipo de envidraçado:		Espessura:		Côres:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Sem	1	2	3	4	Simples	Duplo	_____ mm	Incolor	Colorido	Reflector	Fosco																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
R/C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
3º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
4º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
5º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Dispositivos de protecção solar exterior:							Côres:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
R/C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
3º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
4º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
5º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Portada de madeira							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Persiana de réguas de madeira							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Persiana de réguas metálicas/plásticas							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Estore veneziano de réguas de madeira							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Estore veneziano de lâminas metálicas							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Lona opaca							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Lona transparente							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Lona muito transparente							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Dispositivos de protecção solar interior:							Côres:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
R/C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
3º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
4º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
5º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Estores de lâminas							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Cortinas opacas							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Cortinas ligeiramente transparentes							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Cortinas transparentes							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Cortinas muito transparentes							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Portadas opacas							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Persianas							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Protecção entre 2 vidros:							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Estore veneziano							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Lâminas delgadas							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Caixas de estore:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Exterior							<input type="checkbox"/>	Interior		<input type="checkbox"/>	Isolamento térmico		<input type="checkbox"/>	Vedante		<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Vão envidraçado à face exterior da parede:							<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Sombreamento:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Palas horizontais							<input type="checkbox"/>	Palas verticais		<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
<p>3. Registo de Anomalias</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
<p>Perda de estanquidade à água <input type="checkbox"/></p> <p>Elevada permeabilidade ao ar <input type="checkbox"/></p> <p>Condensações interiores <input type="checkbox"/></p> <p>Deformações excessivas <input type="checkbox"/></p> <p>Empenos <input type="checkbox"/></p> <p>Fractura de vidros <input type="checkbox"/></p> <p>Diferenças de cor <input type="checkbox"/></p> <p>Oxidação dos acessórios <input type="checkbox"/></p> <p>Obs. _____</p>		<p>Degradação superficial da madeira <input type="checkbox"/></p> <p>Apodrecimento das madeiras <input type="checkbox"/></p> <p>Peitoris com deficiência: <input type="checkbox"/></p> <p style="margin-left: 20px;">Sem pingadeira</p> <p style="margin-left: 20px;">Sem saliência</p> <p style="margin-left: 20px;">Inclinação insuficiente</p> <p style="margin-left: 20px;">Fissurados</p> <p>Outro _____ <input type="checkbox"/></p>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

Tabela A2.5 – Ficha de inspeção C1 – Intervenções na Envolvente exterior

EMSURE Energy and Mobility for Sustainable Regions						 UNIÃO EUROPEIA Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional	
Caracterização de Edifícios Existentes da Alta de Coimbra							
Ficha de Intervenções na Envolvente - Reabilitação Energética						Ficha	
Envolvente exterior						C1	
1. Paredes:							
Isolamento térmico (IT):							
IT exterior:		Revestimentos não-isolantes independentes (com IT na caixa de ar) Sistemas compostos de IT pelo exterior com revestimento sobre isolante (Vétures) Revestimento isolantes				<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
IT Interior:		Painéis isolantes pré-fabricados fixados Revestimentos reflectores Contra-fachada		IT na caixa de ar:		Injecção de produtos a granel Injecção de espumas isolantes	
						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
2. Pavimentos:							
Isolamento térmico (IT):							
IT inferior:		Sistemas compostos de IT Revestimento isolantes Tectos-falsos		IT superior:		Camada isolante de betão leve sob o revestimento Camada de IT sob piso flutuante	
						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
IT intermédio:		Preenchimento dos vazios entre as vigotas dos pavimentos de madeira com um IT					
		<input type="checkbox"/>					
3. Coberturas							
Isolamento térmico (IT) em coberturas inclinadas:							
IT sobre as madres:		Painéis isolantes especiais Mantas de material isolante Placas de material isolante		IT sob as varas:		Mantas de material isolante Placas de material isolante Projecção de espumas isolantes Soluções reflectantes	
						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Isolamento térmico (IT) em coberturas planas:							
IT superior:		Cobertura invertida Suportes isolantes de impermeabilização		IT inferior:		Tectos-falsos	
						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
IT intermédio:		Isolante entre a laje e a camada de forma					
		<input type="checkbox"/>					
4. Vãos Envidraçados							
Reforço do isolamento dos vãos envidraçados:							
Substituição dos componentes dos vãos		Utilização de envidraçados de elevado desempenho		Criação de janelas duplas		Substituição de vidros simples por vidros duplos	
						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Redução da permeabilidade do ar s/ substituição dos caixilhos por:		afinação dos caixilhos com ajuste de posições interposição de perfis vedantes nas juntas móveis		substituição de materiais envelhecidos das juntas		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
						<input type="checkbox"/>	
Aplicação de 2º Caixilho		<input type="checkbox"/>					
Aplicação de protecções solares (oclusão noturna)		<input type="checkbox"/>					
Adição de dispositivos:		Exteriores		Intercalares		Interiores	
						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Isolamento térmico das caixas de estore		<input type="checkbox"/>					
Controlo dos ganhos solares:							
Controlo das propriedades solares-ópticas dos envidraçados		Redução da área das aberturas envidraçadas		Utilização de dispositivos de sombreamento		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
						<input type="checkbox"/>	
5. Outras Intervenções							

<p>EMSURE Energy and Mobility for Sustainable Regions MAIS CENTRO ER UNIAO EUROPEIA</p> <p>Levantamento dos Edifícios Existentes na Alta de Coimbra Rua Fernandes Tomás - Coimbra Freguesia da Almedina</p> <p>Ficha do Edifício</p> <p>N.º de Polícia: <u>1, 3, 5, 7, 9</u> N.º de pisos: <u>4</u> (acima do solo) Data de construção: <u>Séc. XVII-XIX</u> (Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra)</p>  <p>Vista geral do edifício R/Chão - Fachada Oeste (Principal) Tipologia das aberturas</p> <p>Largura da via: <u>±3,0m</u> Altura dos edifícios frontais: <u>Inferior</u></p> <p>Utilização do edifício: <u>Devoluto</u></p> <p>Tipo de estrutura: <u>Alvenaria de pedra com função resistente.</u></p> <p>Revestimento exterior da parede: <u>Argamassa de cal; revestimento a azulejos (R/Chão).</u></p> <p>Principais anomalias: <u>Fissuração, queda e destacamento do revestimento, tinta descascada/empolada. Envelhecimento e degradação dos materiais, apodrecimento da madeira, humidades, poluição, graffiti, musgos e bolores. Vegetação pioneira e degradação da cobertura (estrutura e revestimento). Peitoris com deficiências: sem pingadeira e sem inclinação suficiente.</u></p> <p>Tipologia dos vãos (portas e janelas): <u>Portas de duas folhas com bandeira, janelas de guilhotina. Caixilharia em madeira com quadricula e vidros simples.</u></p> <p>Proteções existentes: <u>Não se verificou a existência de dispositivos de protecção.</u></p> <p>Pavimentos: <u>Pavimento térreo com caixa de ar. Pavimentos de madeira.</u></p> <p>Estrutura da cobertura: <u>Telhado de Mansardas.</u></p> <p>Material de revestimento da cobertura: <u>Revestimento cerâmico em telha canudo.</u></p> <p>Intervenções analisadas: <u>Edifício em mau estado de conservação.</u></p> <p>Especificidades: <u>Janelas de mansarda. Pequenos respiradouros com grades metálicas ao nível do pavimento térreo típicos dos Sécs. XVII e seguintes. (Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra).</u></p> <p>Observações: <u>Heterogeneidade de soluções construtivas nas paredes: alvenarias de pedra e de tijolo sob os vãos.Outras fachadas com aberturas: Rua de Quebra Costas e Beco da Imprensa.</u></p>	<p>EMSURE Energy and Mobility for Sustainable Regions MAIS CENTRO ER UNIAO EUROPEIA</p> <p>Levantamento dos Edifícios Existentes na Alta de Coimbra Rua Fernandes Tomás - Coimbra Freguesia da Almedina</p> <p>Ficha do Edifício</p> <p>N.º de Polícia: <u>2, 4, 6, 8</u> N.º de pisos: <u>4</u> (acima do solo) Data de construção: <u>Séc. XIX</u> (Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra)</p>  <p>Vista geral do edifício R/Chão - Fachada Este (Principal) Tipologia das aberturas</p> <p>Largura da via: <u>±3,0m</u> Altura dos edifícios frontais: <u>Superior</u></p> <p>Utilização do edifício: <u>Comércio e Habitação.</u></p> <p>Tipo de estrutura: <u>Alvenaria de pedra com função resistente.</u></p> <p>Revestimento exterior da parede: <u>Argamassa de cal.</u></p> <p>Principais anomalias: <u>Fissuração e queda do revestimento, tinta descascada, humidades, musgos, bolores. Degradação superficial da madeira. Vegetação pioneira no beiral. Peitoris com deficiências: sem pingadeira e sem inclinação suficiente. Fratura de vidros.</u></p> <p>Tipologia dos vãos (portas e janelas): <u>R/Chão: portas de duas folhas e janelas fixas, com bandeira, em alumínio (uma em madeira), caixilharia sem quadricula (exceto uma). Pisos: janelas de batente com duas folhas e de guilhotina, caixilharia em madeira com quadricula e vidros simples.</u></p> <p>Proteções existentes: <u>Cortinas interiores transparentes e ligeiramente transparentes. Não se observou a existência de dispositivos de protecção opacos.</u></p> <p>Pavimentos: <u>Pavimento térreo em contato com o solo.</u></p> <p>Estrutura da cobertura: <u>Telhado de duas águas</u></p> <p>Material de revestimento da cobertura: <u>Revestimento cerâmico em telha canudo.</u></p> <p>Intervenções analisadas: <u>Edifício em razoável estado de conservação.</u></p> <p>Especificidades: <u></u></p> <p>Observações: <u>Outras fachadas com aberturas: lougradouro</u></p>
<p>EMSURE Energy and Mobility for Sustainable Regions MAIS CENTRO ER UNIAO EUROPEIA</p> <p>Levantamento dos Edifícios Existentes na Alta de Coimbra Rua Fernandes Tomás - Coimbra Freguesia da Almedina</p> <p>Ficha do Edifício</p> <p>N.º de Polícia: <u>10, 12, 14</u> N.º de pisos: <u>3</u> (acima do solo) Data de construção: <u>Séc. XVII/XIX</u> (Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra)</p>  <p>Vista geral do edifício R/Chão - Fachada Este (Principal) Tipologia das aberturas</p> <p>Largura da via: <u>±3,0m</u> Altura dos edifícios frontais: <u>Superior</u></p> <p>Utilização do edifício: <u>Habitação.</u></p> <p>Tipo de estrutura: <u>Alvenaria de pedra com função resistente.</u></p> <p>Revestimento exterior da parede: <u>Argamassas pobres à base de cal.</u></p> <p>Principais anomalias: <u>Sem anomalias registadas.</u></p> <p>Tipologia dos vãos (portas e janelas): <u>R/Chão: portas de duas folhas com bandeira Pisos: janelas de batente com duas folhas. Caixilharia em madeira com quadricula e vidros simples.</u></p> <p>Proteções existentes: <u>Portadas opacas interiores em madeira</u></p> <p>Pavimentos: <u>Pavimento enterrado (cave) em contacto com o solo. Pavimentos de madeira</u></p> <p>Estrutura da cobertura: <u>Telhado de duas águas com estrutura vigada em madeira</u></p> <p>Material de revestimento da cobertura: <u>Revestimento cerâmico em telha marselha.</u></p> <p>Intervenções analisadas: <u>Recuperação das fachadas incluindo a reparação de rebocos: picagem e regularização com cacos de tijolo e argamassa pobre. Substituição da estrutura de suporte e revestimento da cobertura, colocação da subtelha "tipo onduline" e isolamento térmico em placas de lâ mineral com espessura de 40 mm. Substituição dos vãos e recuperação/colocação das portadas interiores em madeira. (Fonte: ficha técnica da obra de recuperação do imóvel nº 10-14. GCH/CM Coimbra).</u></p> <p>Estado de conservação: <u>Edifício em muito bom estado de conservação.</u></p> <p>Especificidades: <u>Fachada lateral esquerda revestida a telha canudo. Molduras dos vãos no último piso em madeira de kambala. Janela de mansarda na vertente tardoz.</u></p> <p>Observações: <u>Coexistência, ao nível das paredes exteriores, de várias soluções construtivas com a alvenaria de pedra: alvenaria de tijolo de barro vermelho, sob os vãos, e técnica de gaiola. (Fonte: ficha técnica da obra de recuperação do imóvel nº 10-14. GCH/CM Coimbra). Outras fachadas com aberturas: lougradouro.</u></p>	<p>EMSURE Energy and Mobility for Sustainable Regions MAIS CENTRO ER UNIAO EUROPEIA</p> <p>Levantamento dos Edifícios Existentes na Alta de Coimbra Rua Fernandes Tomás - Coimbra Freguesia da Almedina</p> <p>Ficha do Edifício</p> <p>N.º de Polícia: <u>16, 18, 20</u> N.º de pisos: <u>4</u> (acima do solo) Data de construção: <u>Séc. XIX</u> (Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra)</p>  <p>Vista geral do edifício R/Chão - Fachada Este (Principal) Tipologia das aberturas</p> <p>Largura da via: <u>±3,0m</u> Altura dos edifícios frontais: <u>Igual</u></p> <p>Utilização do edifício: <u>Habitação e comércio.</u></p> <p>Tipo de estrutura: <u>Alvenaria de pedra com função resistente.</u></p> <p>Revestimento exterior da parede: <u>Argamassa de cal.</u></p> <p>Principais anomalias: <u>Tinta descascada/empolada e humidades.</u></p> <p>Tipologia dos vãos (portas e janelas): <u>R/Chão: portas de uma e duas folhas, e janela fixa com bandeira. Pisos: janelas de duas folhas com bandeira. Caixilharia em madeira sem quadricula.</u></p> <p>Proteções existentes: <u>Cortinas opacas interiores.</u></p> <p>Pavimentos: <u>Pavimento térreo em contato com o solo.</u></p> <p>Estrutura da cobertura: <u>Telhado de duas águas com mansardas.</u></p> <p>Material de revestimento da cobertura: <u>Revestimento cerâmico em telha lusá.</u></p> <p>Intervenções analisadas: <u>Recuperação das fachadas e reparação da cobertura. Substituição dos vãos, colocação de caixilharia de vidro duplo em janelas.</u></p> <p>Estado de conservação: <u>Edifício em muito bom estado de conservação.</u></p> <p>Especificidades: <u>Janelas de mansarda na vertente lardoz. Revestimento da fachada principal no último piso e das mansardas em chapa metálica.</u></p> <p>Observações: <u>Fachada posterior com aberturas.</u></p>

Figura A3.1 – Edifícios n.ºs 1-9, n.ºs 2-8, n.ºs 10-14 e n.ºs 16-20

			
Levantamento do Edifícios Existentes na Alta de Coimbra			
Rua Fernandes Tomás - Coimbra Freguesia da Almedina			
Ficha do Edifício			
N.º de Polícia:	<u>13, 15</u>	N.º de pisos:	<u>5</u> (acima do solo)
Data de construção:	<u>Séc. XX</u>	(Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra)	
			
Vista geral do edifício	R/Chão - Fachada Oeste (Principal)	Tipologia das aberturas	
Largura da via:	<u>2,64m</u>	Altura dos edifícios frontais:	<u>Superior</u>
Utilização do edifício:	<u>Habitação.</u>		
Tipo de estrutura:	<u>Alvenaria de pedra com função resistente.</u>		
Revestimento exterior da parede:	<u>Argamassas pobres à base de cal.</u>		
Principais anomalias:	<u>Tinta descascada, poluição, graffitis, musgos e bolores.</u>		
	<u>Peitoris com deficiências: sem pingadeira e sem inclinação suficiente.</u>		
Tipologia dos vãos (portas e janelas):	<u>R/Chão: portas de duas folhas (uma com bandeira).</u>		
	<u>Pisos: janelas de duas folhas com bandeira. Caixilharia em madeira com quadricula e vidro simples.</u>		
Proteções existentes:	<u>Portadas opacas interiores em madeira</u>		
Pavimentos:	<u>Pavimento térreo com caixa de ar. Pavimentos de madeira.</u>		
Estrutura da cobertura:	<u>Telhado de uma água com estrutura vigada em madeira</u>		
Material de revestimento da cobertura:	<u>Revestimento cerâmico em telhas lusa e canudo.</u>		
Intervenções analisadas:	<u>Recuperação das fachadas incluindo a reparação de rebocos: picagem e regularização com cacos de tijolo e argamassa pobre. Substituição da estrutura de suporte e revestimento da cobertura, colocação da subtelha "tipo onduline" e isolamento térmico com placas de lã mineral com espessura de 40 mm. Recuperação de vãos e colocação nas janelas um</u>		
	<u>2º caixilho interior com portadas incorporadas em madeira de kambala.</u>		
	<u>(Fonte: ficha técnica da obra de recuperação do imóvel nº 13-15, GCH/CM Coimbra).</u>		
Estado de conservação:	<u>Edifício em muito bom estado de conservação.</u>		
Especificidades:	<u>Janela de mansarda. Revestimento da mansarda em chapa de zinco.</u>		
Observações:	<u>Diferentes tipologias de alvenarias ao nível da fachada: pedra aparelhada (r/chão, 1º e 2º pisos) e tijolo vazado (último andar e mansarda).</u>		
	<u>(Fonte: registo fotográfico da obra de recuperação do imóvel nº 13-15, GCH/CM Coimbra).</u>		
	<u>Sem outras fachada com aberturas.</u>		

Figura A3.2 – Edifício n.ºs 13-15





<p>EMSURE Energy and Mobility for Sustainable Regions</p> <p>Levantamento dos Edifícios Existentes na Alta de Coimbra Rua Fernandes Tomás - Coimbra Freguesia da Almedina</p> <p>Ficha do Edifício</p> <p>N.º de PolíCIA: <u>17, 19, 21, 23, 25, 27, 29</u> N.º de pisos: <u>4</u> (acima do solo) Data de construção: <u>Séc. XX</u> (Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra)</p>  <p>Vista geral do edifício R/Chão - Fachada Oeste (Principal) Tipologia das aberturas</p> <p>Largura da via: <u>±3,0m</u> Altura dos edifícios frontais: <u>Inferior</u></p> <p>Utilização do edifício: <u>Habitação e comércio.</u></p> <p>Tipo de estrutura: <u>Alvenaria de pedra com função resistente.</u></p> <p>Revestimento exterior da parede: <u>Argamassas pobres à base de cal.</u></p> <p>Principais anomalias: <u>Fissuração e queda do revestimento, humidades, tinta descascada/empolada. Degradação superficial e apodrecimento da madeira. Vegetação pioneira no beiral.</u> <u>Peitoris com deficiências: sem saliência e sem pingadeira</u></p> <p>Tipologia dos vãos (portas e janelas): <u>R/Chão: portas de duas folhas e janelas fixas, com bandeira, caixilharia em madeira sem quadricula. Pisos: Portas e janelas, de duas folhas, com bandeira, caixilharia em madeira com quadricula (em 50 % da área do vão) e vidro simples.</u></p> <p>Proteções existentes: <u>Portadas opacas interiores em madeira nos pisos.</u></p> <p>Pavimentos: <u>Pavimento térreo com caixa de ar.</u></p> <p>Estrutura da cobertura: <u>Telhado de três águas com estrutura vigada em madeira</u></p> <p>Material de revestimento da cobertura: <u>Revestimento cerâmico em telhas marselha e canudo.</u></p> <p>Intervenções analisadas: <u>Recuperação das fachadas incluindo a reparação de rebocos: picagem e regularização com argamassas pobres. Substituição parcial da estrutura de suporte e revestimento da cobertura, colocação da subtelha "tipo onduline" e isolamento térmico com placas de lâ mineral com espessura de 40 mm. Recuperação dos vãos existentes e colocação portadas interiores em madeira.</u> <small>(Fonte: ficha técnica da obra de recuperação do imóvel nº 17-29, GCH/CM Coimbra).</small></p> <p>Estado de conservação: <u>Edifício em razoável estado de conservação.</u></p> <p>Especificidades: <u>Janelas de mansarda. Fachada lateral esquerda revestida a chapa metálica.</u></p> <p>Observações: <u>Outras fachadas com aberturas: Beco da Imprensa e logradouro.</u></p>	<p>EMSURE Energy and Mobility for Sustainable Regions</p> <p>Levantamento dos Edifícios Existentes na Alta de Coimbra Rua Fernandes Tomás - Coimbra Freguesia da Almedina</p> <p>Ficha do Edifício</p> <p>N.º de PolíCIA: <u>26, 28</u> N.º de pisos: <u>4</u> (acima do solo) Data de construção: <u>Séc. XVI/XX</u> (Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra)</p>  <p>Vista geral do edifício R/Chão - Fachada Este (Principal) Tipologia das aberturas</p> <p>Largura da via: <u>±3,0m</u> Altura dos edifícios frontais: <u>Superior</u></p> <p>Utilização do edifício: <u>Habitação.</u></p> <p>Tipo de estrutura: <u>Alvenaria de pedra com função resistente.</u></p> <p>Revestimento exterior da parede: <u>Argamassa de cal.</u></p> <p>Principais anomalias: <u>Tinta descascada, humidades, musgos e bolores.</u> <u>Degradação superficial da madeira. Peitoris sem pingadeira e sem inclinação suficiente.</u></p> <p>Tipologia dos vãos (portas e janelas): <u>R/Chão: portas com uma e duas folhas, e janelas de duas folhas com bandeira. Pisos: janelas de duas folhas. Caixilharia em madeira (exceto um vão em arco quebrado em alumínio), com quadricula (em 50 % da área do vão) e vidro simples.</u></p> <p>Proteções existentes: <u>Cortinas interiores ligeiramente transparentes.</u> <u>Não se observou a existência de dispositivos de protecção opacos.</u></p> <p>Pavimentos: <u>Pavimento térreo em contato com o solo. Pavimentos em madeira.</u></p> <p>Estrutura da cobertura: <u>Telhado de duas águas.</u></p> <p>Material de revestimento da cobertura: <u>Revestimento cerâmico em telha marselha e canudo.</u></p> <p>Intervenções analisadas: <u></u></p> <p>Estado de conservação: <u>Edifício em razoável estado de conservação.</u></p> <p>Especificidades: <u>Janela de avental no 1º piso.</u></p> <p>Observações: <u>Fachada posterior com aberturas.</u></p>
<p>EMSURE Energy and Mobility for Sustainable Regions</p> <p>Levantamento dos Edifícios Existentes na Alta de Coimbra Rua Fernandes Tomás - Coimbra Freguesia da Almedina</p> <p>Ficha do Edifício</p> <p>N.º de PolíCIA: <u>30, 32, 34, 36, 38</u> N.º de pisos: <u>4</u> (acima do solo) Data de construção: <u>Séc. XVI/XVII</u> (Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra)</p>  <p>Vista geral do edifício R/Chão - Fachada Este (Principal) Tipologia das aberturas</p> <p>Largura da via: <u>±3,0m</u> Altura dos edifícios frontais: <u>Igual</u></p> <p>Utilização do edifício: <u>Habitação e comércio.</u></p> <p>Tipo de estrutura: <u>Alvenaria de pedra com função resistente.</u></p> <p>Revestimento exterior da parede: <u>Argamassa de cal.</u></p> <p>Principais anomalias: <u>Fissuração e queda do revestimento, tinta descascada/empolada, humidades, poluição, grafittis, musgos e bolores. Degradação superficial da madeira.</u> <u>Vegetação pioneira no beiral. Fratura de vidros e oxidação de acessórios.</u></p> <p>Tipologia dos vãos (portas e janelas): <u>R/Chão: portas e janelas com duas folhas. Pisos: Portas (com bandeira) e janelas com duas folhas. Caixilharia em madeira com quadricula (exceto janela fixa do r/chão sem quadricula) e vidros simples.</u></p> <p>Proteções existentes: <u>Cortinas interiores ligeiramente transparentes.</u> <u>Portadas opacas interiores em madeira.</u></p> <p>Pavimentos: <u>Pavimento térreo em contato com o solo. Pavimentos em madeira.</u></p> <p>Estrutura da cobertura: <u>Telhado de duas águas.</u></p> <p>Material de revestimento da cobertura: <u>Revestimento cerâmico em telha marselha.</u></p> <p>Intervenções analisadas: <u></u></p> <p>Estado de conservação: <u>Edifício em bom estado de conservação.</u></p> <p>Especificidades: <u>Janelas de avental no 2º piso, portal manuelino e pequeno óculo com moldura cantaria recortada no r/chão. (Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra)</u></p> <p>Observações: <u>Fachada posterior com aberturas.</u></p>	<p>EMSURE Energy and Mobility for Sustainable Regions</p> <p>Levantamento dos Edifícios Existentes na Alta de Coimbra Rua Fernandes Tomás - Coimbra Freguesia da Almedina</p> <p>Ficha do Edifício</p> <p>N.º de PolíCIA: <u>35, 37</u> N.º de pisos: <u>3</u> (acima do solo) Data de construção: <u>Séc. XVII</u> (Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra)</p>  <p>Vista geral do edifício R/Chão - Fachada Oeste (Principal) Tipologia das aberturas</p> <p>Largura da via: <u>±3,0m</u> Altura dos edifícios frontais: <u>Igual</u></p> <p>Utilização do edifício: <u>Habitação.</u></p> <p>Tipo de estrutura: <u>Alvenaria de pedra com função resistente.</u></p> <p>Revestimento exterior da parede: <u>Reboco tradicional.</u></p> <p>Principais anomalias: <u>Fissuração do revestimento, tinta descascada/empolada, humidades, musgos e bolores, vegetação pioneira no beiral. Peitoris com deficiências.</u></p> <p>Tipologia dos vãos (portas e janelas): <u>R/Chão: porta e janela de duas folhas. Pisos: janelas de duas folhas. Caixilharia em madeira com quadricula e vidros simples.</u></p> <p>Proteções existentes: <u>Cortinas interiores ligeiramente transparentes nos pisos.</u> <u>Portada opaca interior em madeira na porta de duas folhas.</u></p> <p>Pavimentos: <u>Pavimento térreo em contato com o solo.</u></p> <p>Estrutura da cobertura: <u>Telhado de uma água.</u></p> <p>Material de revestimento da cobertura: <u>Revestimento cerâmico em telha canudo.</u></p> <p>Intervenções analisadas: <u>Restauração e substituição dos componentes dos vãos.</u></p> <p>Estado de conservação: <u>Edifício em razoável estado de conservação.</u></p> <p>Especificidades: <u></u></p> <p>Observações: <u>Sem outras fachada com aberturas.</u></p>

Figura A3.3 – Edifícios: n.ºs 17-29, n.ºs 26-28, n.ºs 30-38 e n.ºs 35-37

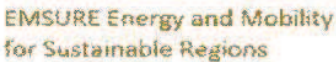





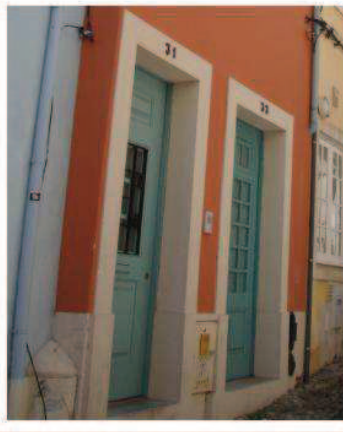

				
Levantamento do Edifícios Existentes na Alta de Coimbra				
Rua Fernandes Tomás - Coimbra Freguesia da Almedina				
Ficha do Edifício				
N.º de Polícia:	<u>31, 33</u>	N.º de pisos:	<u>5</u>	(acima do solo)
Data de construção:	<u>Séc. XIX</u>	(Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra)		
				
Vista geral do edifício		R/Chão - Fachada Oeste (Principal)		Tipologia das aberturas
Largura da via:	<u>±3,0m</u>	Altura dos edifícios frontais:	<u>Inferior</u>	
Utilização do edifício:	<u>Habitação e comércio.</u>			
Tipo de estrutura:	<u>Alvenaria de pedra com função resistente.</u>			
Revestimento exterior da parede:	<u>Argamassas pobres à base de cal.</u>			
Principais anomalias:	<u>Fissuração do revestimento, tinta descascada/empolada. Degradação superficial da madeira. Peitoris sem pingadeira e sem inclinação suficiente.</u>			
Tipologia dos vãos (portas e janelas):	<u>R/Chão: portas de uma e duas folhas. Pisos: janelas de guilhotina. Caixilharia em madeira com quadricula e vidros simples.</u>			
Proteções existentes:	<u>Portadas opacas interiores em madeira</u>			
Pavimentos:	<u>Pavimento térreo em contato com o solo. Pavimentos em madeira.</u>			
Estrutura da cobertura:	<u>Telhado de duas águas com estrutura vigada em madeira</u>			
Material de revestimento da cobertura:	<u>Revestimento cerâmico em telha lusa.</u>			
Intervenções analisadas:	<u>Recuperação das fachadas incluindo a reparação de rebocos: picagem e regularização com argamassa pobre. Substituição dos vãos e recuperação/colocação das portadas interiores em madeira de kambala.</u>			
	<u>(Fonte: ficha técnica da obra de recuperação do imóvel nº 31-33, GCH/CM Coimbra).</u>			
Estado de conservação:	<u>Edifício em muito bom estado de conservação.</u>			
Especificidades:	<u>Desvão útil da cobertura (águas furtadas).</u>			
Observações:	<u>Fachada posterior com aberturas.</u>			

Figura A3.4 – Edifício nºs 31-33

Levantamento dos Edifícios Existentes na Alta de Coimbra Rua Fernandes Tomás - Coimbra Freguesia da Almedina	
Ficha do Edifício	
N.º de Polícia:	39, 41
N.º de pisos:	4 (acima do solo)
Data de construção:	Séc. XVII/XX (Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra)
Vista geral do edifício:	R/Chão - Fachada Oeste (Principal)
Tipologia das aberturas:	
Largura da via:	±2,5m
Altura dos edifícios frontais:	Superior
Utilização do edifício:	Devoluto.
Tipo de estrutura:	Alvenaria de pedra com função resistente.
Revestimento exterior da parede:	Reboco tradicional.
Principais anomalias:	Fissuração do revestimento, tinta descascada/empolada, degradação dos materiais, poluição, grafittis, musgos, bolores e vegetação pioneira. Elementos descaracterizadores: molduras dos vãos em mármore, caixilharia em alumínio, ...Vãos sem caixilharia.
Tipologia dos vãos (portas e janelas):	R/Chão: portas de uma e duas folhas, Pisos: janelas de duas folhas. Caixilharia em alumínio sem quadricula e vidros simples
Proteções existentes:	Não se verificou a existência de dispositivos de protecção.
Pavimentos:	Pavimento térreo em contato com o solo.
Estrutura da cobertura:	Telhado de uma água.
Material de revestimento da cobertura:	Revestimento cerâmico em telha canudo.
Intervenções analisadas:	
Estado de conservação:	Edifício em mau estado de conservação.
Especificidades:	
Observações:	Sem outras fachada com aberturas.

Levantamento dos Edifícios Existentes na Alta de Coimbra Rua Fernandes Tomás - Coimbra Freguesia da Almedina	
Ficha do Edifício	
N.º de Polícia:	40, 42
N.º de pisos:	3 (acima do solo)
Data de construção:	Séc. XVII (Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra)
Vista geral do edifício:	R/Chão - Fachada Este (Principal)
Tipologia das aberturas:	
Largura da via:	±3,0m
Altura dos edifícios frontais:	Igual
Utilização do edifício:	Devoluto.
Tipo de estrutura:	Alvenaria de pedra com função resistente.
Revestimento exterior da parede:	Argamassa de cal.
Principais anomalias:	Queda de revestimento, fratura de vidros, peitoris com deficiência.
Tipologia dos vãos (portas e janelas):	R/Chão: portas de uma e duas folhas em madeira, sem envidraçados. Pisos: janelas de guilhotina. Caixilharia em madeira com quadricula e vidro simples.
Proteções existentes:	Não se verificou a existência de dispositivos de protecção.
Pavimentos:	Pavimento térreo em contato com o solo.
Estrutura da cobertura:	Telhado de duas águas.
Material de revestimento da cobertura:	Revestimento cerâmico em telha canudo.
Intervenções analisadas:	
Estado de conservação:	Edifício em razoável estado de conservação.
Especificidades:	Janelas de avental nos pisos, portas com recorte típico da época medieval. (Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra)
Observações:	Fachada posterior com aberturas.

Levantamento dos Edifícios Existentes na Alta de Coimbra Rua Fernandes Tomás - Coimbra Freguesia da Almedina	
Ficha do Edifício	
N.º de Polícia:	43, 45, 49
N.º de pisos:	4 (acima do solo)
Data de construção:	Séc. XX (Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra)
Vista geral do edifício:	R/Chão - Fachada Oeste (Principal)
Tipologia das aberturas:	
Largura da via:	±3,0m
Altura dos edifícios frontais:	Inferior
Utilização do edifício:	Habitação e comércio.
Tipo de estrutura:	Alvenaria de pedra com função resistente.
Revestimento exterior da parede:	Reboco tradicional.
Principais anomalias:	Fissuração do revestimento, tinta descascada/empolada, musgos e bolores, degradação superficial da madeira, fratura de vidros, peitoris com deficiências.
Tipologia dos vãos (portas e janelas):	Portas e janelas de duas folhas com bandeira. Caixilharia em madeira com quadricula e vidros simples.
Proteções existentes:	Cortinas interiores ligeiramente transparentes nos pisos. Portadas opacas interiores em madeira.
Pavimentos:	Pavimento térreo em contato com o solo.
Estrutura da cobertura:	Telhado de três águas.
Material de revestimento da cobertura:	Revestimento cerâmico em telha marselha e canudo.
Intervenções analisadas:	Restauração e substituição dos componentes dos vãos.
Estado de conservação:	Edifício em razoável estado de conservação.
Especificidades:	Janelas de mansardas na vertente lateral direita.
Observações:	Outras fachadas com aberturas: logradouro.

Levantamento dos Edifícios Existentes na Alta de Coimbra Rua Fernandes Tomás - Coimbra Freguesia da Almedina	
Ficha do Edifício	
N.º de Polícia:	44, 46, 48, 50, 52
N.º de pisos:	3 (acima do solo)
Data de construção:	Séc. XVI (Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra)
Vista geral do edifício:	R/Chão - Fachada Este (Principal)
Tipologia das aberturas:	
Largura da via:	±3,0m
Altura dos edifícios frontais:	Superior
Utilização do edifício:	Habitação.
Tipo de estrutura:	Alvenaria de pedra com função resistente.
Revestimento exterior da parede:	Reboco tradicional.
Principais anomalias:	Fissuração do revestimento, tinta descascada/empolada, humidades, poluição, grafittis, musgos e bolores. Peitoris sem pingadeira.
Tipologia dos vãos (portas e janelas):	R/Chão: portas de duas folhas e 4 pequenas aberturas (1 envidraçada, 1 fechada com portada e 2 de grades). Pisos: Portas de duas folhas com bandeira no 1º piso e janelas de guilhotina no 2º piso. Caixilharia em madeira com quadricula, e vidros simples.
Proteções existentes:	Portadas opacas interiores em madeira nos pisos.
Pavimentos:	Pavimento térreo em contato com o solo.
Estrutura da cobertura:	Telhado de três águas.
Material de revestimento da cobertura:	Revestimento cerâmico em telha canudo.
Intervenções analisadas:	
Estado de conservação:	Edifício em razoável estado de conservação.
Especificidades:	Edifício do estilo manuelino: alguns vãos e cantarias (molduras, braço,...). Janelas de avental no 2º piso. (Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra)
Observações:	Fachada posterior com aberturas.

Figura A3.5 – Edifícios: n.ºs 39-41, n.ºs 40-42, n.ºs 43-49 e n.ºs 44-52



Figura A3.6 – Edifícios: n.ºs 51-59, n.ºs 54-56, n.ºs 58-66 e n.ºs 61-67



Figura A3.7 – Edifícios: n^{os} 68-70, n^{os} 69-73, n^{os} 72-74 e n^{os} 75-81

Levantamento do Edifícios Existentes na Alta de Coimbra		
Rua Fernandes Tomás - Coimbra Freguesia da Almedina		
Ficha do Edifício		
N.º de Polícia:	76, 78, 80	N.º de pisos: 3 (acima do solo)
Data de construção:	(Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra)	
Largura da via:	> 4,0m	Altura dos edifícios frontais: Igual
Utilização do edifício:	Serviços.	
Tipo de estrutura:	Alvenaria de pedra com função resistente.	
Revestimento exterior da parede:	Argamassa de cal e placagem de pedra.	
Principais anomalias:	Tinta descascada/empolada, musgos e bolores.	
Tipologia dos vãos (portas e janelas):	R/Chão: portas de uma e duas folhas com bandeira, janelas com bandeira e gradeamento), caixilharia em ferro e vidros simples. Pisos: Portas de duas folhas com bandeira, janelas de guilhotina, caixilharia em madeira com quadrícula e vidros simples.	
Proteções existentes:	Portadas opacas interiores em madeira.	
Pavimentos:	Pavimento térreo em contato com o solo.	
Estrutura da cobertura:	Telhado de quatro águas.	
Material de revestimento da cobertura:	Revestimento cerâmico.	
Intervenções analisadas:		
Estado de conservação:	Edifício em bom estado de conservação.	
Especificidades:		
Observações:	Fachada posterior com aberturas.	

Levantamento do Edifícios Existentes na Alta de Coimbra		
Rua Fernandes Tomás - Coimbra Freguesia da Almedina		
Ficha do Edifício		
N.º de Polícia:	83, 85	N.º de pisos: 5 (acima do solo)
Data de construção:	Séc. XIX (Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra)	
Largura da via:	±4,0m	Altura dos edifícios frontais: Inferior
Utilização do edifício:	Habitação.	
Tipo de estrutura:	Fachada (principal) de alvenaria de pedra e estrutura de betão armado.	
Revestimento exterior da parede:	Argamassas pobres à base de cal, reboco tradicional e chapa metálica no último piso (recuado e mansardas).	
Principais anomalias:	Fissuração do revestimento, tinta descascada/empolada, Peitoris sem saliência e sem pingadeira.	
Tipologia dos vãos (portas e janelas):	R/Chão: portão de quatro folhas em chapa metálica. Pisos: janelas de guilhotina. Caixilharia em madeira sem quadrícula e vidro duplo.	
Proteções existentes:	Portadas opacas interiores em madeira	
Pavimentos:	Pavimento térreo em contato com o solo.	
Estrutura da cobertura:	Telhado de uma água com estrutura em betão armado	
Material de revestimento da cobertura:	Revestimento cerâmico em telha lusa e chapa de zinco	
Intervenções analisadas:	Reconstrução do edifício com redefinição arquitetónica, espacial e funcional. Construção de dois corpos separados por um saguão e escadaria vertical [Corpo poente e nascente]. Recuperação da fachada da Rua Fernandes Tomás: consolidação, reparação rebocos, substituição dos vãos, eliminação das duas portas no R/Chão, e aplicação de um único vão (acesso ao estacionamento). (Fonte: ficha técnica da obra de recuperação do imóvel nº 83-85, GCH/CM Coimbra).	
Estado de conservação:	Edifício em muito bom estado de conservação.	
Especificidades:	Janelas de mansardas na cobertura do corpo nascente.	
Observações:	Diferentes tipologias de alvenarias na fachada da Rua Fernandes Tomás: pedra irregular com cantaria sob as janelas, e tijolo vazado, no último andar recuado. Restantes paredes em alvenaria de tijolo. (Fonte: registo fotográfico da obra de recuperação do imóvel nº 83-85, GCH/CM Coimbra). Outras fachadas com aberturas: Rua Joaquim António de Aguiar e saguão.	

Levantamento do Edifícios Existentes na Alta de Coimbra		
Rua Fernandes Tomás - Coimbra Freguesia da Almedina		
Ficha do Edifício		
N.º de Polícia:	87, 89, 91	N.º de pisos: 5 (acima do solo)
Data de construção:	Séc. XX (Fonte: fichas de inventário da GCH/CM Coimbra)	
Largura da via:	±5,0m	Altura dos edifícios frontais: Inferior
Utilização do edifício:	Habitação e comércio.	
Tipo de estrutura:	Alvenaria de pedra com função resistente.	
Revestimento exterior da parede:	Argamassas pobres à base de cal. Reboco tradicional. e chapa perfilada de alumínio no último piso.	
Principais anomalias:	Fissuração do revestimento, tinta descascada/empolada, musgos e bolores, vegetação pioneira no beiral. Peitoris sem pingadeira.	
Tipologia dos vãos (portas e janelas):	R/Chão: portas metálicas de uma, duas e de três folhas com bandeira. Pisos: portas e janelas de duas folhas com bandeira (sem bandeira no último piso), caixilharia em madeira com quadrícula e vidro simples.	
Proteções existentes:	Portadas opacas interiores em madeira.	
Pavimentos:	Pavimento térreo em contato com o solo.	
Estrutura da cobertura:	Telhado de duas águas com estrutura vigada em madeira.	
Material de revestimento da cobertura:	Revestimento cerâmico em telhas lusa e canudo.	
Intervenções analisadas:	Recuperação das fachadas incluindo a reparação de rebocos: picagem e regularização com argamassa pobre. Substituição da estrutura de suporte e do revestimento da cobertura, colocação da subtelha "tipo onduline" e isolamento térmico com placas de lâ mineral com espessura de 40 mm. Recuperação/substituição de vãos e colocação de portadas interiores, em madeira de kambala. (Fonte: ficha técnica da obra de recuperação do imóvel nº 87-91, GCH/CM Coimbra).	
Estado de conservação:	Edifício em razoável estado de conservação.	
Especificidades:		
Observações:	Outras fachadas com aberturas: Rua Joaquim António de Aguiar e Largo.	

Figura A3.8 – Edifícios: n.ºs 76-80, n.ºs 83-85 e n.ºs 87-91

Anexo 4 – Cálculo da ventilação REH pela aplicação LNEC

Tabela A.4.1 – Cálculo da ventilação REH do Edifício 1



 LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL		Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS			Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto. apinto@lnec.pt Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013.	
Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v1.0c, 2014-01-06						
1. Enquadramento do edifício						
Tipo de edifício		Habitação_novo_ou_grande_reabilitação			Área útil (m ²): 62,9	
Local (município)		COIMBRA			Pd (m): 2,43	
Região		A			N.º de pisos da fração: 5	
Rugosidade		I			Velocidade vento: Defeito REH	
Altitude do local (m)		60			Vento (v10REH: 3,6) (m/s)	
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)		1			Vol (m ³): 153	
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?		Sim			T _{exterior} (°C): 9,7	
Altura do edifício (H _{edif}) em m		14,25			Z _{ref} (m): 67	
Altura da fração (H _{fra}) em m		14,25			A _{env} /A _u : 14%	
Altura do obstáculo situado em frente (H _{obst}) em m		12,9			Proteção do edifício: Protegido	
Distância ao obstáculo situado em frente (D _{obst}) em m		3,1			Zona da fachada: Inferior	
2. Permeabilidade ao ar da envolvente						
Foi medido valor n50		Não				
Para cada Janela ou grupo de janelas						
Área dos vãos envidraçados (m ²)		2,25			2,25	
Classe de permeabilidade ao ar das janelas		Sem classificação			Sem classificação	
Caixa de estore - permeabilidade		Não tem			Perm. Alta	
3. Aberturas de admissão de ar na fachada						
Tem aberturas de admissão de ar na fachada		Sim				
Tipo de abertura		Fixa ou regulável manualmente			Auto-regulável a 2 Pa	
Área livre das aberturas fixas (cm ²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m ³ /h)		0			180	
					0	
					0	
4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta						
Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)		Não			Não	
Escoamento de ar						
Perda de carga						
Altura da conduta (m)						
Cobertura						
Número de condutas semelhantes						
5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado						
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)		Não				
Escoamento de ar						
Caudal nominal (m ³ /h)						
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento						
Pressão total (Pa)						
Rendimento total do ventilador(%)						
Tem sistema de recuperação de calor						
Rendimento da recuperação de calor (%)						
6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)						
Existem meios híbridos		Não				
Escoamento de ar						
Caudal nominal (m ³ /h)						
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento						
Pressão total (Pa)						
Rendimento total do ventilador(%)						
7. Verão - Recuperador de calor						
8. Resultados						
8.1 - Balanço de Energia - Edifício						
R _{pe,1} (h-1) - Aquecimento		0,66				
R _{pe,2} (h-1) - Arrefecimento		0,66				
W _{vm} (kWh)		0,0				
8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência						
R _{pe,1 REF} (h-1)		0,60				
8.3 - Caudal mínimo de ventilação						
R _{ph} estimada em condições nominais (h-1)		0,42				
Requisito mínimo de ventilação (h-1)		0,40				
Critério R _{ph} mínimo		Satisfatório				
Nota: No Cálculo de R _{ph} min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.						
					Técnico: _____	
					Data: 18-10-2014	

Tabela A.4.2 – Cálculo da ventilação REH do Edifício 2

 LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL		Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS			Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto apinto@lnecc.pt Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 18703-K/2013.					
Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12										
1. Enquadramento do edifício										
Tipo de edifício		Habitação_novo_ou_grande_reabilitação			Área útil (m ²): 98,4					
Local (município)		COIMBRA			Pa (m): 2,83					
Região		A			Nº de pisos da fração: 5					
Rugosidade		I			Velocidade vento Defeito REH					
Altitude do local (m)		60			Vento (v10REH: 3,6) (m/s)					
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)		2 ou mais			Vol (m ³): 269					
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?		Sim			Textenor (°C): -6,7					
Altura do edifício (H _{edif}) em m		14,33			Zref (m): 87					
Altura da fração (H _{fra}) em m		14,33			Aerw/Au: 16%					
Altura do obstáculo situado em frente (H _{obst}) em m		11,46			Proteção do edifício: Protegido					
Distância ao obstáculo situado em frente (D _{obst}) em m		2,93			Zona da fachada: Inferior					
2. Permeabilidade ao ar da envolvente										
Foi medido valor n00		Não								
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos										
Área dos vãos (m ²)		14,41								
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)		Sem classificação								
Permeabilidade ao ar das caixas de estore		Não tem								
3. Aberturas de admissão de ar na envolvente										
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente										
Tipo de abertura		Fixa ou regulável manualmente		Auto-regulável a 2 Pa		Auto-regulável a 10 Pa		Auto-regulável a 20 Pa		
Área livre das aberturas fixas (cm ²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m ³ /h)		0		318		0		0		
4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta										
Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)		Não		Não		Não		Não		
Escoamento de ar										
Perda de carga										
Altura da conduta (m)										
Cobertura										
Número de condutas semelhantes										
5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado										
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)		Não								
Escoamento de ar										
Caudal nominal (m ³ /h)										
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento										
Pressão total (Pa)										
Rendimento total do ventilador(%)										
Tem sistema de recuperação de calor										
Rendimento da recuperação de calor (%)										
6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)										
Existem meios híbridos		Não								
Escoamento de ar										
Caudal nominal (m ³ /h)										
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento										
Pressão total (Pa)										
Rendimento total do ventilador(%)										
7. Verão - Recuperador de calor										
Existe by-pass ao recuperador de calor no verão										
8. Resultados										
8.1 - Balanço de Energia - Edifício										
R _{edif} (h-1) - Aquecimento		0,58								
R _{edif} (h-1) - Arrefecimento		0,60								
W _{vm} (kWh)		0,0								
8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência										
R _{edif,ref} (h-1)		0,58								
8.3 - Caudal mínimo de ventilação										
Rph estimada em condições nominais (h-1)		0,42								
Requisito mínimo de ventilação (h-1)		0,40								
Critério Rph mínimo		Satisfatório								
Nota: No Cálculo de Rph min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de "anéis de classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.										
Técnico: _____ Data: 18-10-2014										

Anexo 5 – Resultados da aplicação do *DesignBuider* ao edifício 1

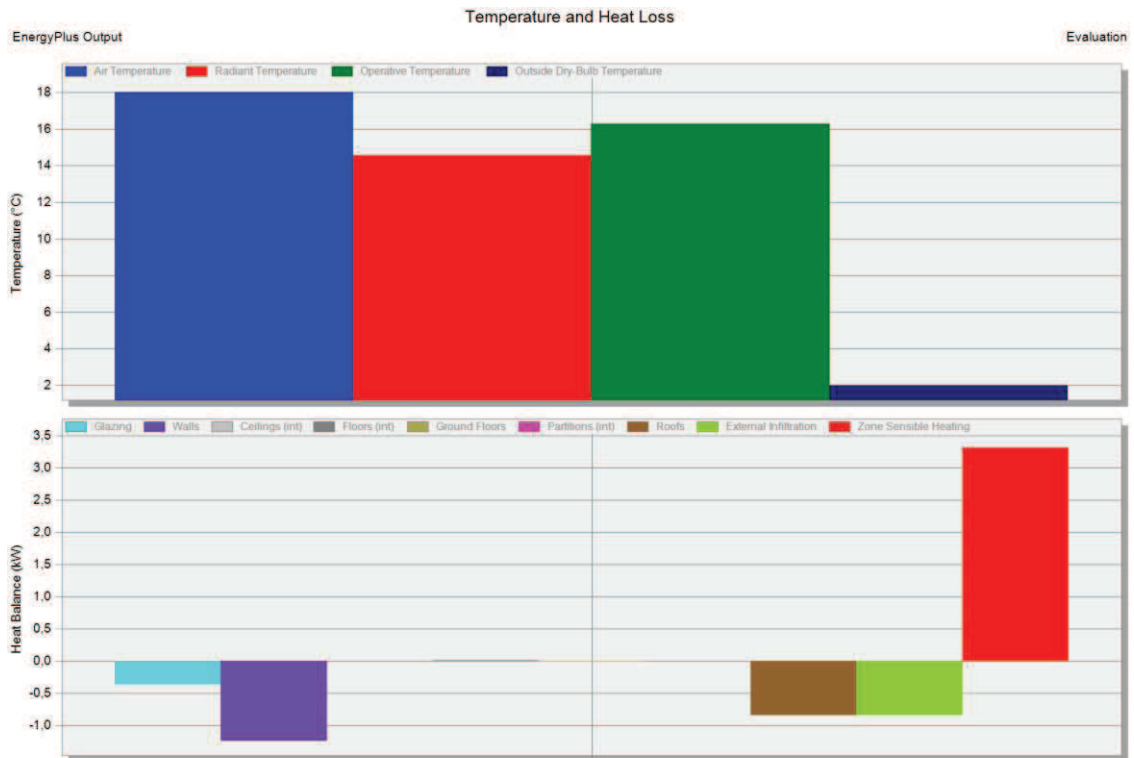


Figura A.5.1 – Resultados do aquecimento do cenário 2

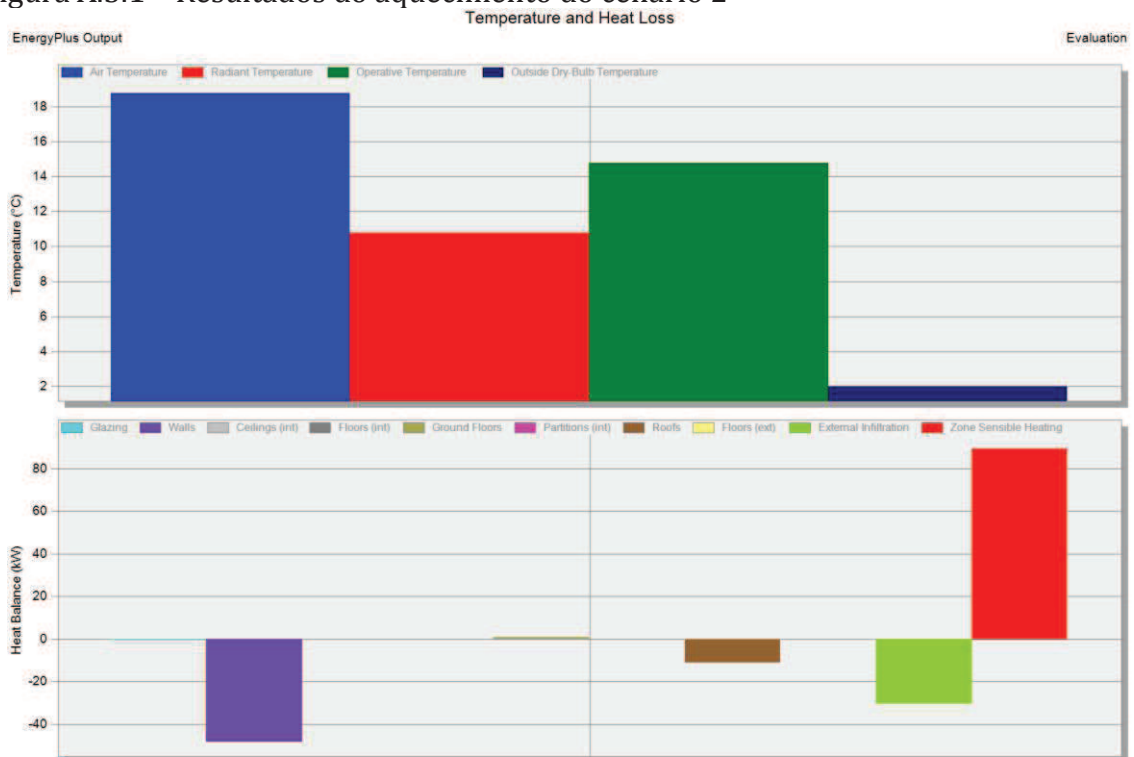


Figura A.5.2 – Resultados do aquecimento do cenário 3

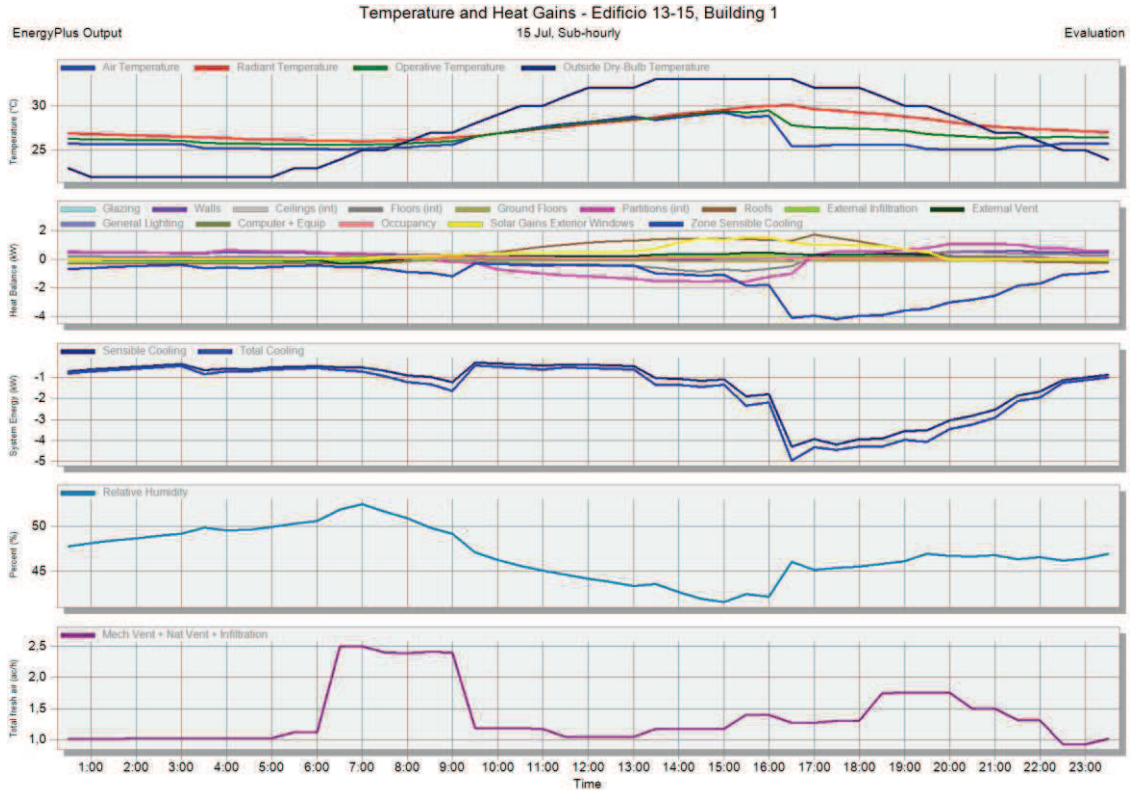


Figura A.5.3 – Resultados do arrefecimento do cenário 2

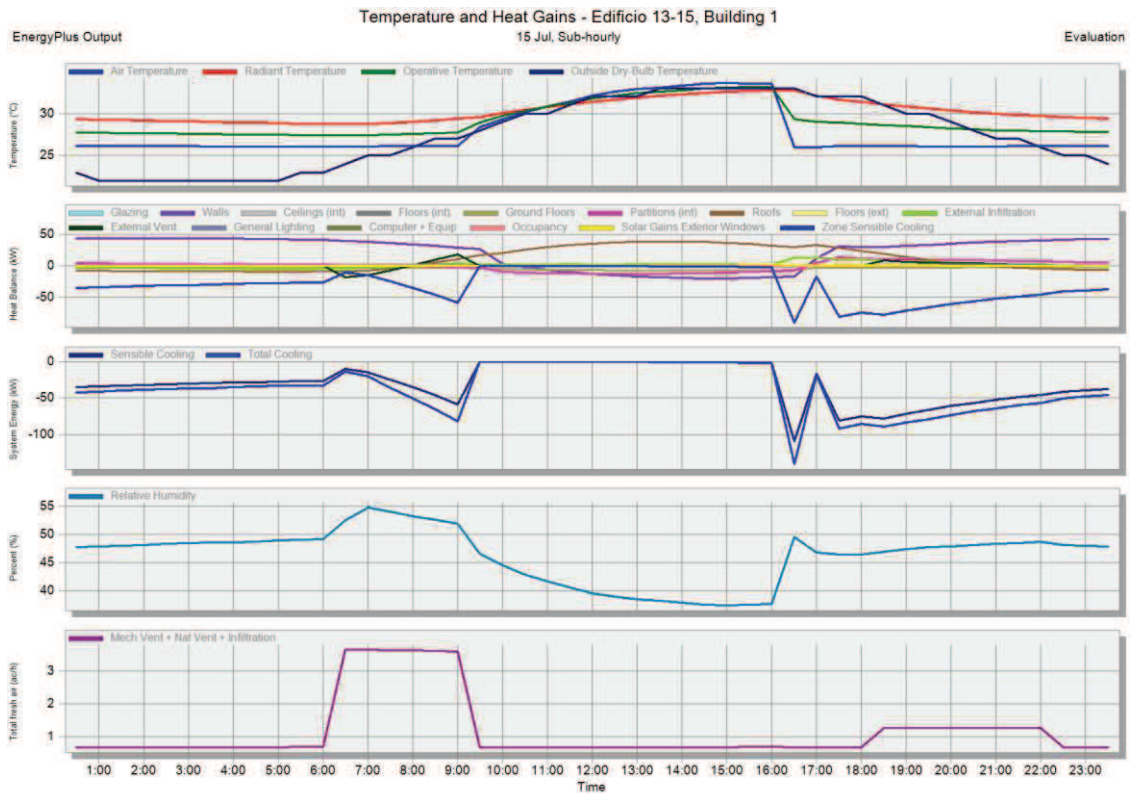


Figura A.5.4 – Resultados do arrefecimento do cenário 3

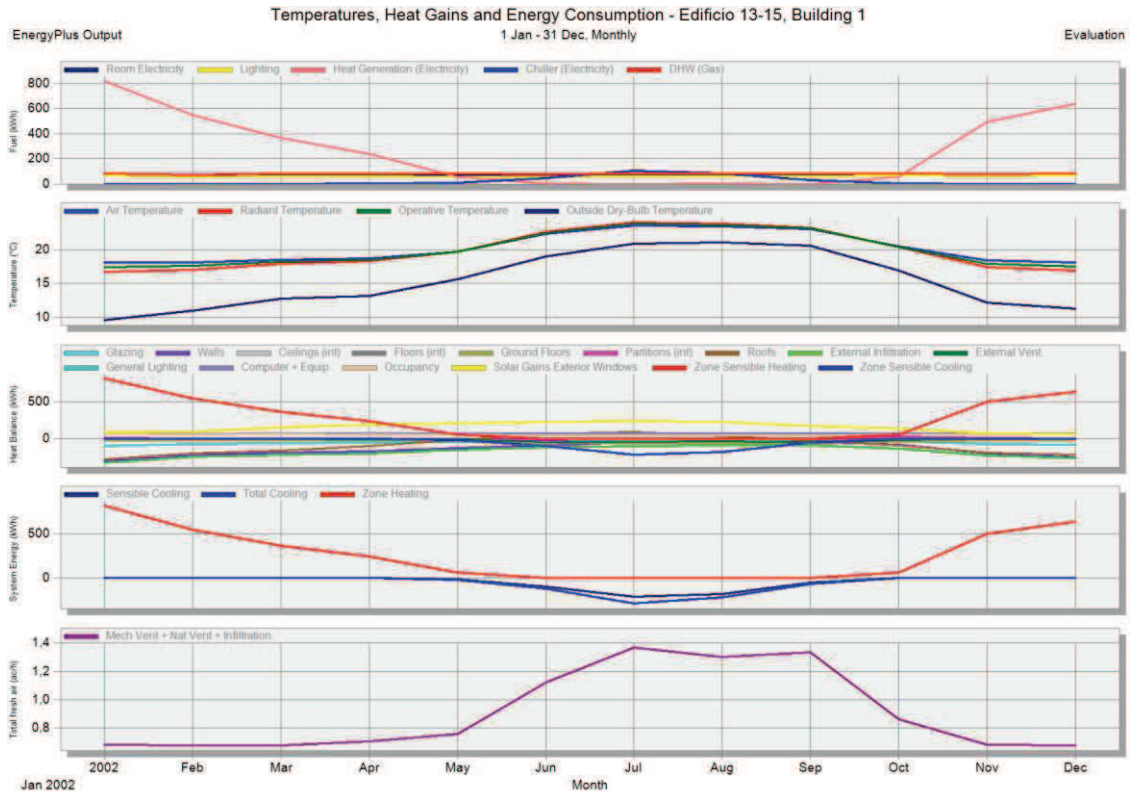


Figura A.5.5 – Resultados anuais do cenário 2

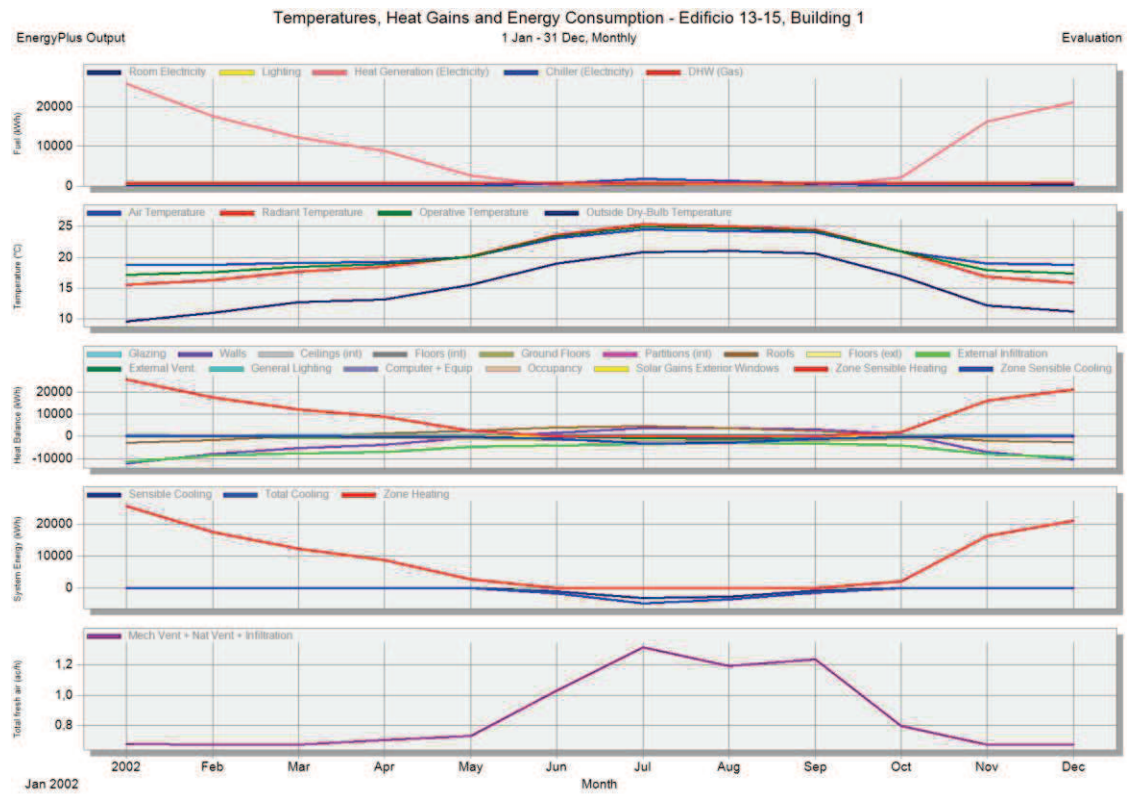


Figura A.5.6 – Resultados anuais do cenário 3

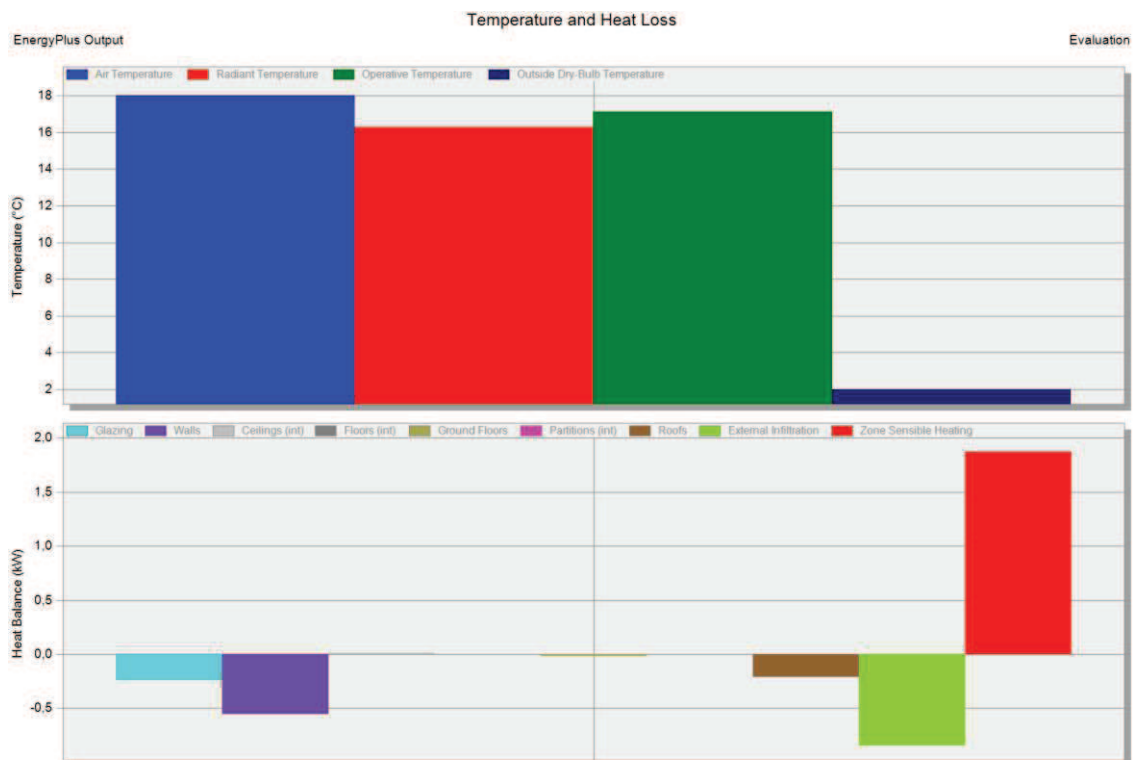


Figura A.5.7 – Resultados do aquecimento do cenário 1/solução E – conjunto das soluções

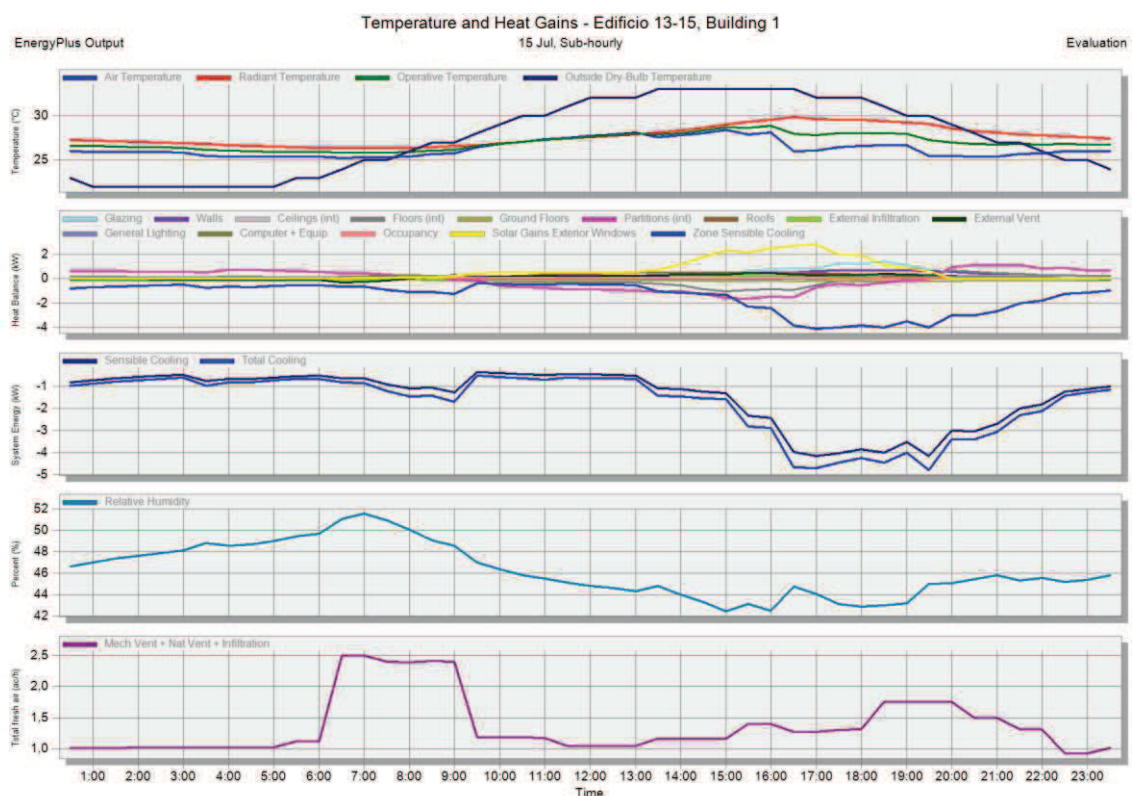


Figura A.5.8 – Resultados do arrefecimento do cenário 1/solução E – conjunto das soluções

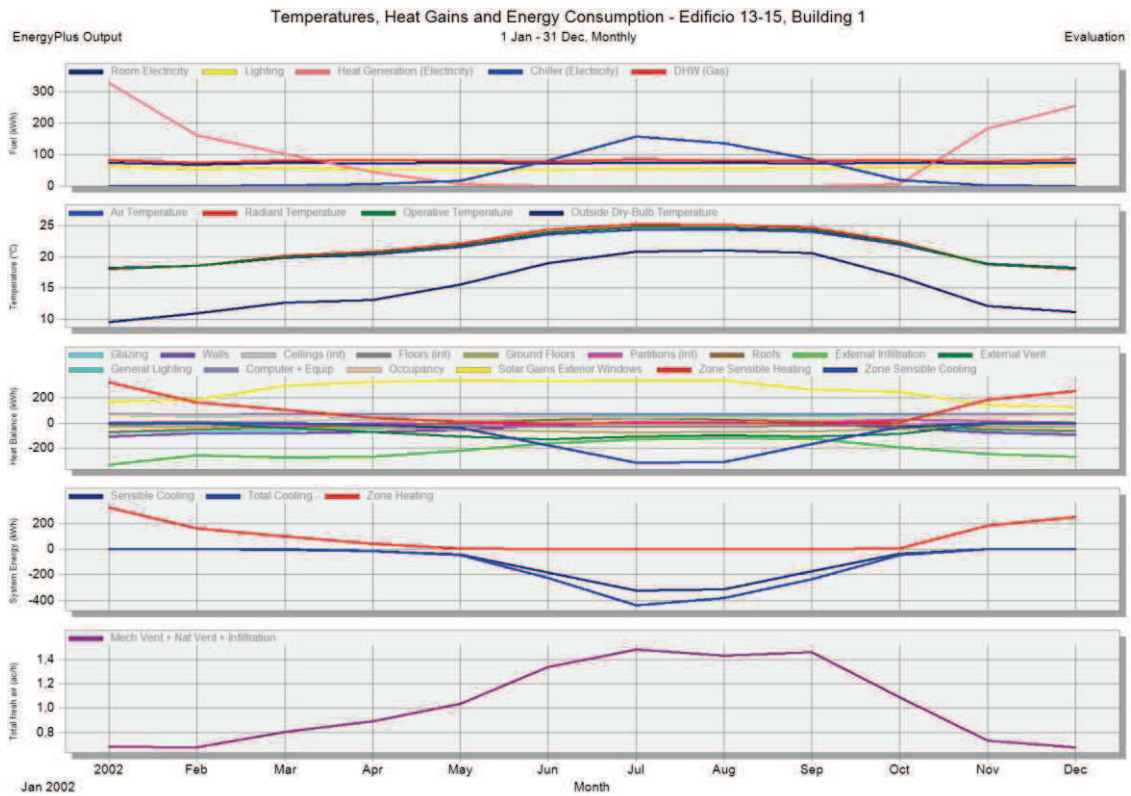


Figura A.5.9 – Resultados anuais do cenário 1/solução E – conjunto das soluções

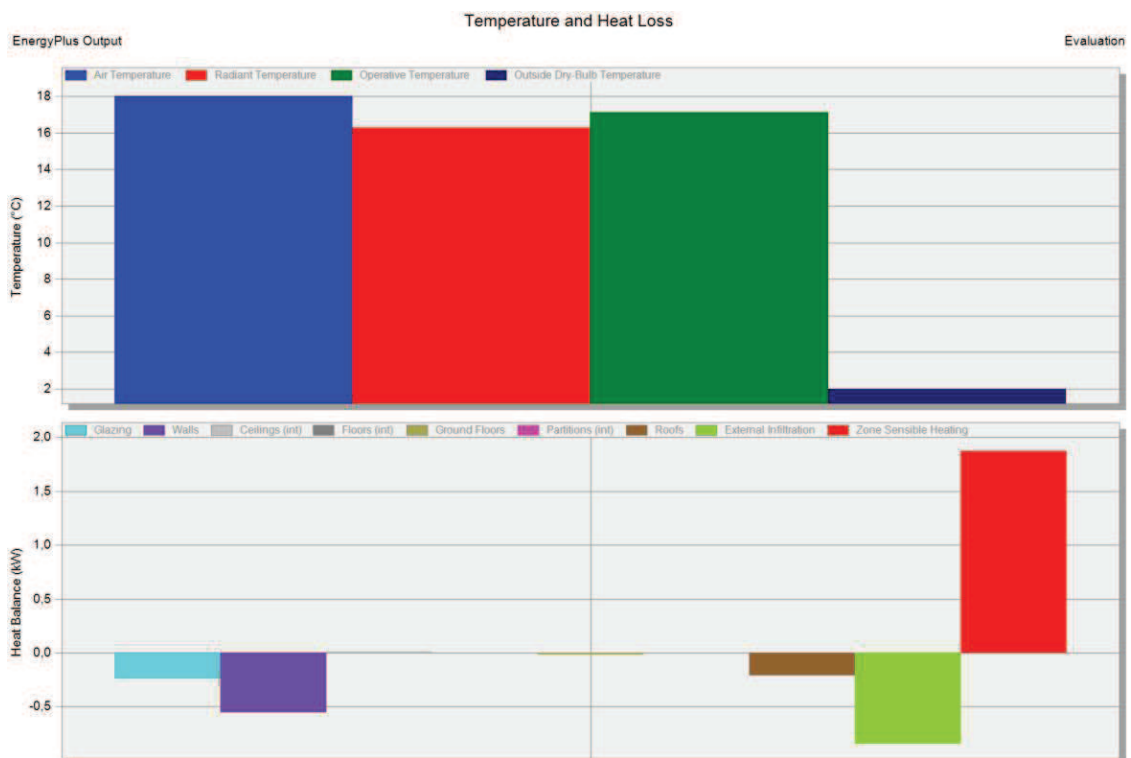


Figura A.5.10 – Resultados do aquecimento do cenário 2/solução E – conjunto das soluções

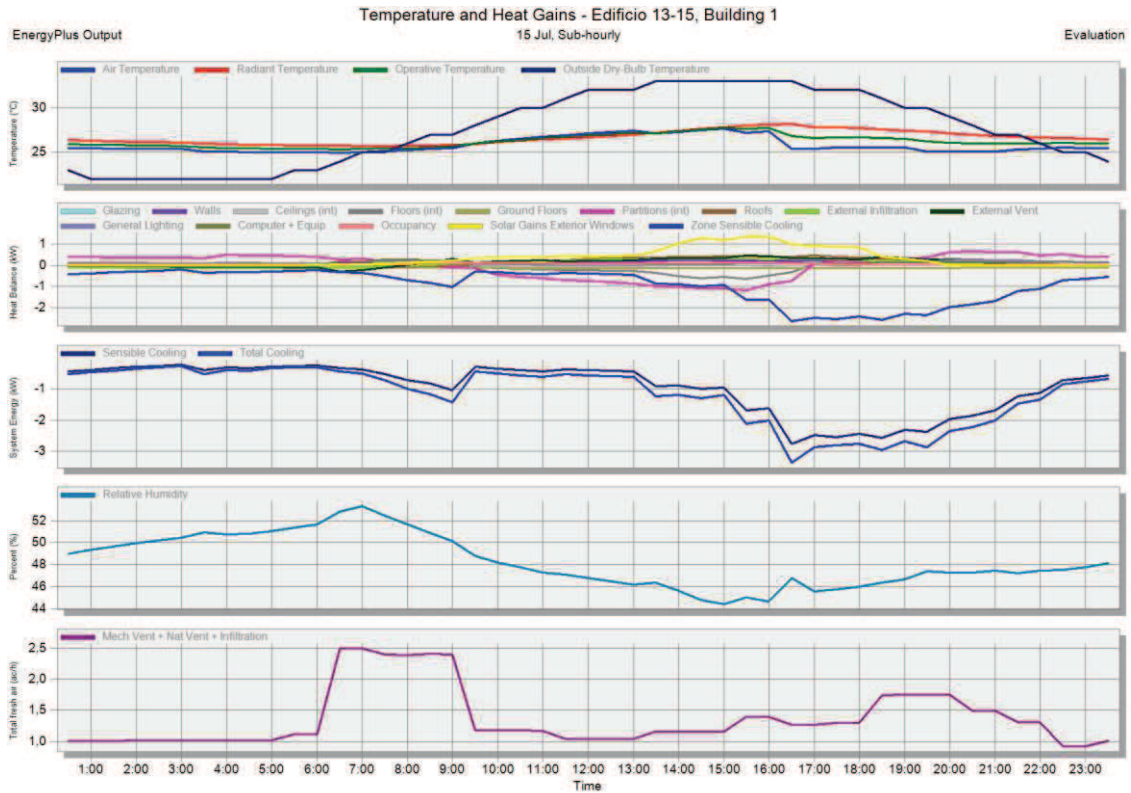


Figura A.5.11 – Resultados do arrefecimento do cenário 2/solução E – conjunto das soluções

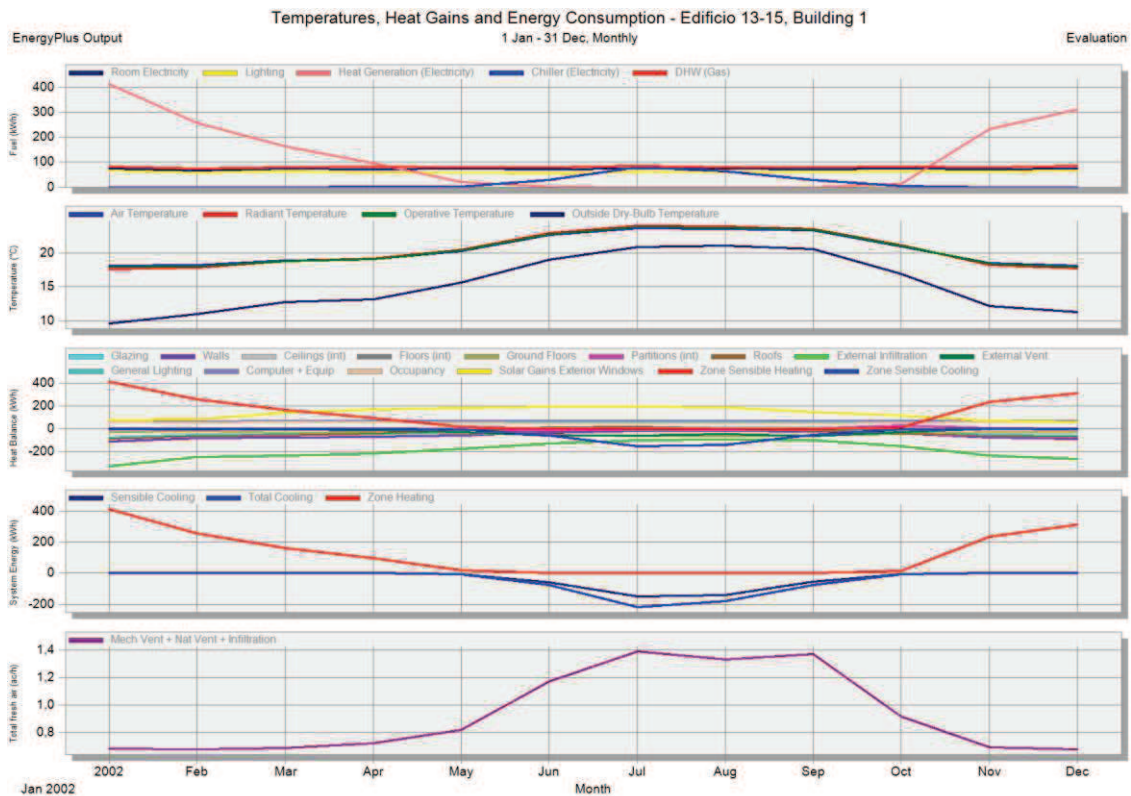


Figura A.5.12 – Resultados anuais do cenário 2/solução E – conjunto das soluções

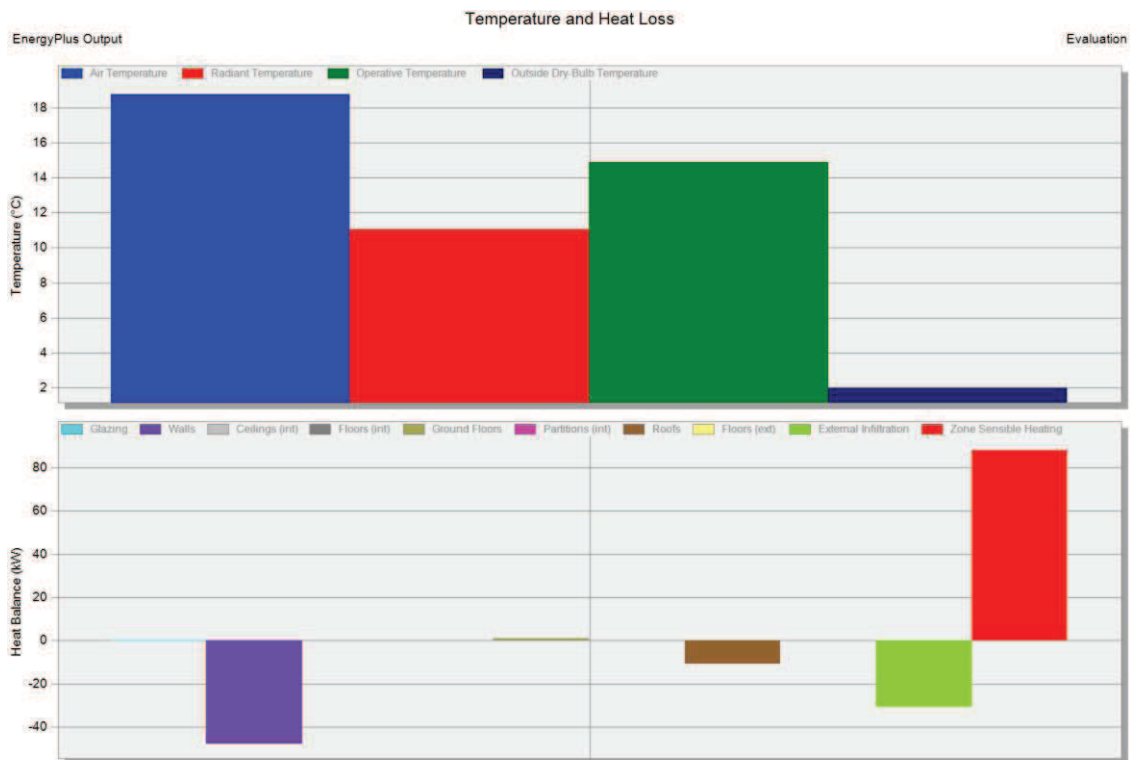


Figura A.5.13 – Resultados do aquecimento do cenário 3/solução E – conjunto das soluções

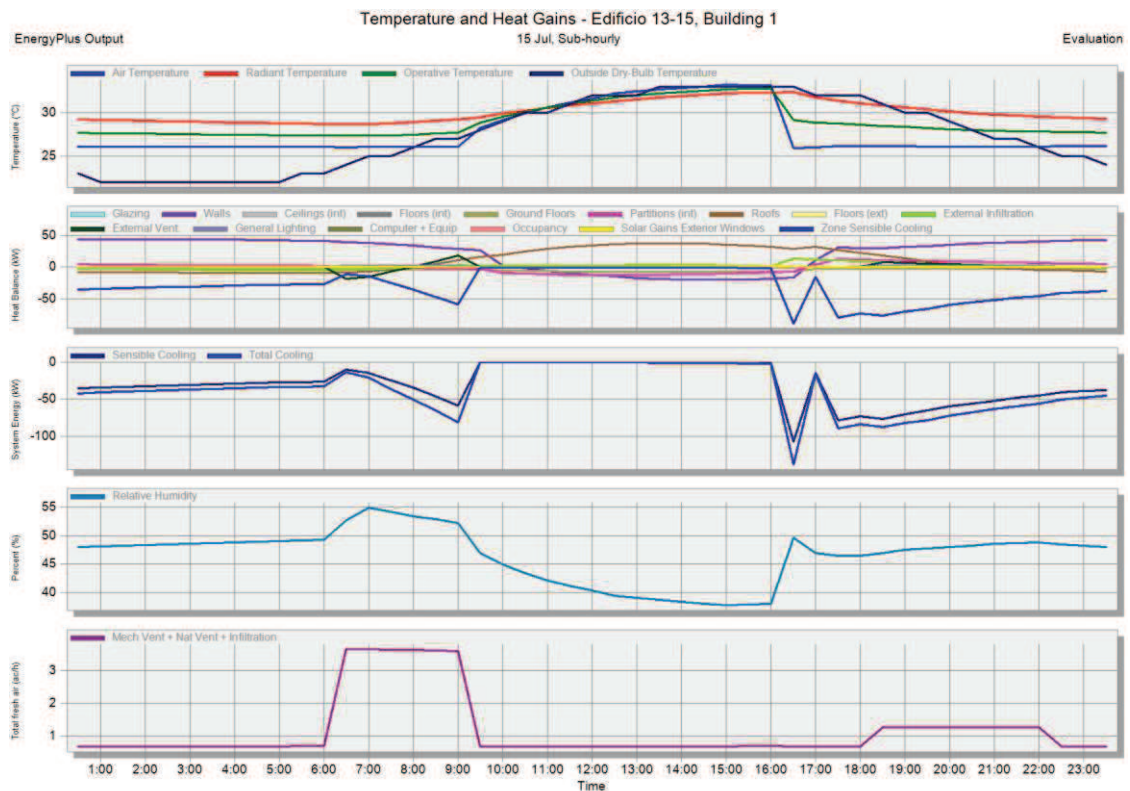


Figura A.5.14 – Resultados do arrefecimento do cenário 3/solução E – conjunto das soluções

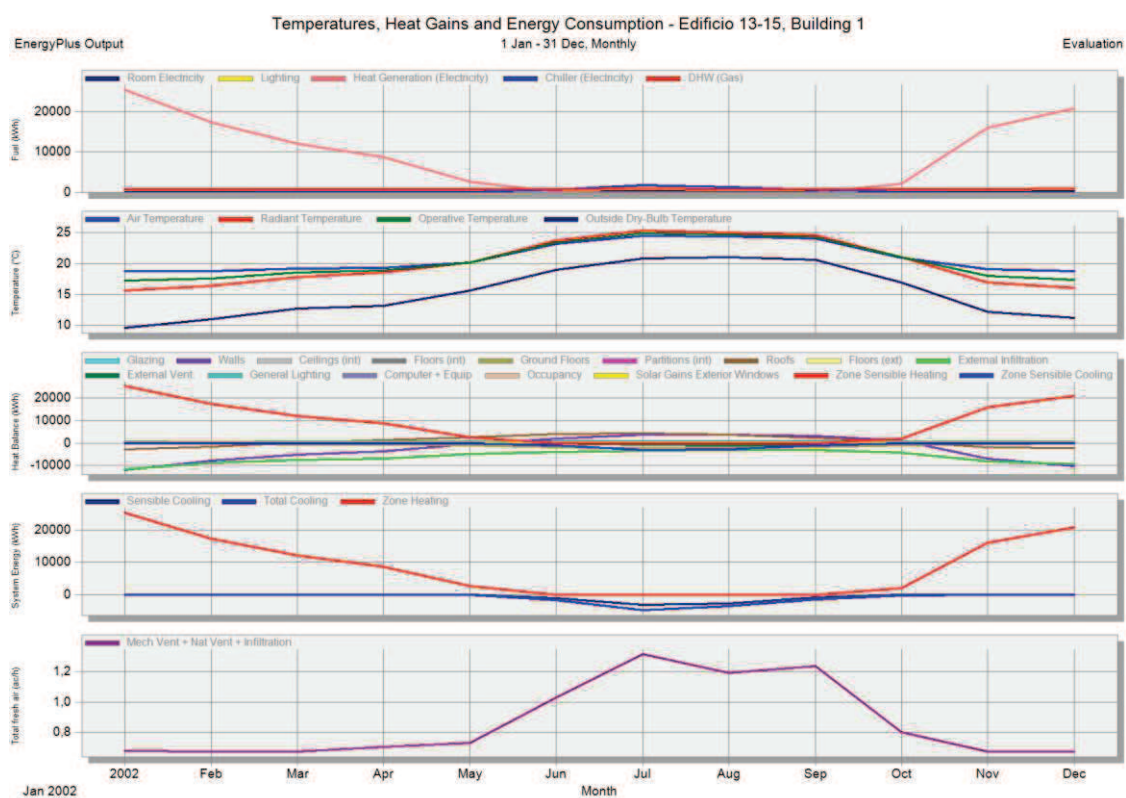


Figura A.5.15 – Resultados anuais do cenário 3/solução E – conjunto das soluções