



**FCTUC** DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

# **Constrangimentos na Aplicação de Isolamento Térmico em Edifícios Existentes: a Época 70-90 do Séc. XX**

Relatório apresentado para cumprimento dos requisitos da unidade curricular  
“Dissertação em Reabilitação Não Estrutural I” do Curso de Mestrado em  
Reabilitação de Edifícios

Autor

**Célio Manuel Fernandes Abade Dias**

Orientadores

**Prof<sup>a</sup> Doutora Ana Teresa Vaz Ferreira Ramos**

**Prof<sup>a</sup> Doutora Maria Isabel Morais Torres**

Este relatório é da exclusiva responsabilidade do seu autor, não tendo sofrido correcções após a defesa em provas públicas. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade pelo uso da informação apresentada

**Coimbra, Julho, 2016**

## INDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Enquadramento geral.....	1
1.2. Proposta e objetivos do trabalho.....	3
1.3 Interesse da temática.....	3
2. QUESTÕES A INVESTIGAR E EXPECTATIVAS.....	5
3. METODOLOGIA.....	6
4. PLANO DE TRABALHOS .....	8
5. SÍNTESE DE ASPETOS RELEVANTES PARA O TRABALHO A DESENVOLVER ....	9
5.1. Principais características do parque habitacional português .....	9
5.2. Outra visão do estado de conservação .....	12
5.3. Evolução da regulamentação térmica de edifícios .....	13
5.4. Análise do RERU sob o ponto de vista térmico .....	18
5.5. Caraterização construtiva dos elementos da envolvente exterior dos edifícios em estudo .....	19
5.6. Medidas de reabilitação térmica de edifícios .....	26
5.7. Materiais isolantes térmicos .....	30
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	33

## 1 INTRODUÇÃO

É objectivo do presente relatório apresentar, de forma clara, sintética e objectiva, a proposta para o tema do trabalho de dissertação a levar a cabo no âmbito do presente curso de mestrado em Engenharia Civil na Especialidade de Reabilitação de Edifícios.

Para o efeito, faz-se neste ponto o enquadramento geral da temática que se propõe, apresenta-se a proposta de dissertação, estabelecem-se os objectivos que se pretendem atingir e identificam-se os interesses social, económico, cultural e científico do tema.

Seguidamente definem-se as questões a investigar para o desenvolvimento do trabalho, caracterizam-se os recursos a usar, formulam-se as questões a investigar e estabelecem-se as hipóteses e/ou expectativas de resultados. Apresenta-se a metodologia que se pretende implementar para o desenvolvimento do trabalho proposto no âmbito da dissertação e apresenta-se, de uma forma gráfica e sintética, o planeamento do trabalho a desenvolver.

Neste relatório não se apresenta o chamado “estado da arte”, mas faz-se uma síntese dos aspectos que se julgam relevantes para a problemática e que justificam o tema proposto, com base na bibliografia da especialidade consultada e indicada.

### 1.1. Enquadramento geral

#### 1.1.1. Reabilitação de edifícios construídos nas décadas de 70 a 90 do século passado

A reabilitação de edifícios existentes tem vindo a tornar-se, ao longo dos anos, numa das maiores necessidades do sector da construção em Portugal e na Europa. O parque edificado encontra-se saturado e, muitas vezes, degradado, havendo um crescendo na urgência de intervenção nos edifícios existentes, de forma a manter as características e os graus de desempenho para que foram projectados e executados e, ao mesmo tempo, diminuindo a necessidade de construção nova [1].

Com o surgimento do betão armado e a sua generalização, a forma de construir mudou significativamente tornando possível soluções arquitetónicas que antes se julgavam impossíveis, graças à sua utilização. Os elementos da envolvente, designadamente paredes exteriores, coberturas, pavimentos e vãos envidraçados também foram sofrendo alterações significativas, no sentido da melhoria do comportamento térmico, acústico e higrométrico. No entanto, tendo em conta a caracterização construtiva dos elementos da envolvente exterior dos edifícios construídos nas últimas décadas do século passado, conforme se verá mais adiante neste trabalho, é expectável que nenhum dos edifícios cumpra a legislação actualmente em vigor, particularmente no que diz respeito às exigências térmicas.

Considera-se, para efeitos da dissertação a levar a cabo, o grupo de edifícios construídos nas décadas de 70 a 90 do século XX. Como se verá mais adiante, aquele período corresponde ao que registou as mais elevadas taxas de crescimento do parque habitacional português em toda a sua história. Por outro lado, verifica-se que grande parte das fracções existentes nesses edifícios sofrem atualmente mudança de proprietário, passando da primeira geração de proprietários para a segunda, quer seja através de compra e venda quer por sucessão de herança.

Assiste-se, com a mudança de proprietários, à reabilitação das respectivas fracções e dos edifícios, com intervenções ao nível das paredes de fachada, coberturas e vãos exteriores, com o objectivo de reparar as patologias existentes nestes elementos e sobretudo de assegurar melhores condições de conforto térmico, acústico, higrométrico e melhoria do desempenho energético dos edifícios.

Para além disso, e como se poderá comprovar ao longo deste relatório, as construções da época em estudo representam um grande peso no total do parque edificado das cidades, moldando a sua forma e imagem e apresentando alguma importância arquitectónica. Relacionando-se com o movimento moderno em Portugal, a sua preservação pode ser não só uma questão de assegurar as exigências de desempenho, mas também de manter o que hoje é já um valor patrimonial.

#### **1.1.2. Constrangimentos na reabilitação**

Muitos são os constrangimentos que se encontram na reabilitação dos edifícios construídos na época em estudo, em particular no que respeita à aplicação de isolamento térmico para assegurar as exigências de desempenho.

Por um lado, há que considerar os constrangimentos de natureza arquitectónica, relacionados com a imagem do edifício a preservar. Os revestimentos aplicados nas paredes exteriores dos edifícios criam constrangimentos e condicionam enormemente as intervenções de reabilitação. “O tipo e funções do edifício, os materiais constituintes, a sua arquitectura e valor, assim como as eventuais anomalias existentes, condicionam tanto a aplicabilidade como o desempenho dos sistemas e técnicas de reabilitação, suscitando dúvidas na escolha da solução mais adequada a determinada situação” [2]

Para além da imagem, existe um conjunto de elementos construtivos tais como consolas, varandas, floreiras, platibandas, posição e tipo da caixilharia, existência de soleiras e peitoris e respectivas dimensões, remates, bordaduras e outros que podem igualmente criar constrangimentos e condicionar a intervenção.

Ao nível das coberturas, o tipo de cobertura bem como o revestimento existente e a estrutura de suporte do mesmo, são factores a ter em conta por causarem enormes constrangimentos e condicionalismos na reabilitação térmica destes elementos construtivos de enorme importância no desempenho térmico da edificação.

Sempre que a intervenção tenha que ser feita pelo interior, há que considerar a envolvente interior no que respeita a revestimentos, infra-estruturas, louças sanitárias e outros equipamentos eventualmente existentes que criam enormes constrangimentos e condicionam as intervenções de reabilitação.

Para além dos aspectos de natureza arquitetónica e/ou construtiva acima elencados, há que ter também em conta os constrangimentos económicos, sociais e de sustentabilidade.

Por último mas não menos importante, existem os constrangimentos impostos pela legislação em vigor.

## **1.2. Proposta e objetivos do trabalho**

Tendo em conta os aspectos elencados no ponto anterior (enquadramento geral), a proposta que se apresenta para a realização da dissertação de mestrado em reabilitação não estrutural consiste na avaliação dos constrangimentos, dificuldades e soluções na aplicação de isolamento térmico nos edifícios existentes construídos na época 70 a 90 do séc. XX de modo a adequá-los às exigências actuais do ponto de vista térmico.

O objectivo principal da dissertação é identificar, avaliar e explorar os constrangimentos e dificuldades na aplicação de isolamento térmico na reabilitação dos edifícios existentes construídos nas décadas de 70 a 90 do séc. XX de modo a adequá-los às exigências actuais do ponto de vista térmico, desenvolvendo, com base na discussão de um conjunto de questões chave a ter em conta numa intervenção de reforço térmico da envolvente, uma matriz de apoio à definição das soluções de intervenção e finalmente discutir, de uma forma mais concreta, a aplicabilidade da matriz em 3 edifícios a definir na cidade de Coimbra.

Paralelamente ao desenvolvimento do objectivo principal e como objectivos secundários, pretende-se contribuir para o conhecimento e divulgação de alguns sistemas de reforço térmico, de uma forma simples e facilmente entendida por todos os intervenientes na reabilitação, a considerar na escolha da solução mais adequada a cada situação.

## **1.3 Interesse da temática**

### **1.3.1. Interesse social, económico e cultural**

Sabe-se que os edifícios são responsáveis pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa e cerca de 30% para o caso de Portugal. No entanto, mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas eficiência energética, o que pode representar uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> – quase a totalidade do compromisso da União Europeia no âmbito do Protocolo de Quioto [3].

Este facto, aliado ao crescimento acentuado das exigências de conforto, através da utilização crescente de tecnologias de climatização e o aumento dos preços dos combustíveis e da energia, tem motivado a actualização regular e conseqüente melhoria da regulamentação térmica, com exigências cada vez mais apertadas para proporcionar aumento de conforto e diminuição dos consumos.

Procurando ir ao encontro daqueles aspetos, o tema proposto pretende contribuir para determinar a solução mais adequada nos processos de reabilitação térmica, tendo em conta os constrangimentos existentes, conduzindo a poupanças significativas de energia para aquecimento, arrefecimento, ventilação e conseqüente preservação dos recursos naturais, bem como possibilitar a correção de patologias ligadas às condições higrotérmicas dos edifícios.

Trata-se portanto de uma problemática transversal, que afecta de uma forma geral toda a sociedade. Interessa sobretudo aos donos de obra, promotores, projectistas, entidades licenciadoras e aos agentes económicos.

Pretende-se também, no desenvolvimento da metodologia, salvaguardar os valores patrimoniais, culturais e sociais dos edifícios a intervir.

### **1.3.2. Interesse científico**

Conforme já foi referido, a reabilitação térmica dos edifícios constitui uma importante ferramenta para a correção de situações de inadequação funcional, proporcionando uma melhoria nas condições de conforto dos utilizadores. Esse conforto será tanto maior quanto mais adequada for a solução do ponto de vista científico.

Na maioria das situações de reabilitação dos edifícios, senão na totalidade, as opções que são tomadas têm necessariamente em conta os constrangimentos existentes mas de forma empírica, sem a necessária ponderação, reflexão e quantificação que o saber científico determina.

Com o presente trabalho pretende-se também contribuir para que a tomada de decisão de reabilitação assente numa base científica, que permita determinar quantitativamente os ganhos térmicos associados às soluções de intervenção, por forma a garantir o cumprimento dos requisitos térmicos regulamentares atuais e a viabilidade da intervenção.

Por outro lado, procurar-se-á dar nota e divulgar os sistemas de reforço térmico mais recentes, com utilização de materiais e produtos tecnologicamente avançados.

## 2. QUESTÕES A INVESTIGAR E EXPECTATIVAS

Para o desenvolvimento do trabalho, nomeadamente no que respeita à matriz de apoio à definição das soluções de intervenção, é necessário formular um conjunto de questões a investigar, hipóteses de aplicação e expectativas de sucesso.

Quanto às questões a investigar, pretende-se identificar de forma exaustiva, clara e objectiva os constrangimentos que se apresentam na aplicação de isolamento térmico nos edifícios existentes a reabilitar. Constrangimentos de natureza arquitectónica, construtiva, económica, social e de sustentabilidade terão que ser elencados e devidamente identificados, por forma a criar uma listagem objectiva a ter em conta na matriz de apoio à definição das soluções de intervenção. Nesta definição deverá ter-se em conta os valores patrimoniais, culturais e sociais dos edifícios.

De forma não exaustiva mas objectiva, pretende-se também analisar e elencar os principais constrangimentos impostos pela legislação em vigor. Por se tratar de uma temática de grande abrangência, será necessariamente analisada de forma sintética, tendo como ponto de partida o trabalho recentemente elaborado no âmbito da tese de doutoramento “Projeto, património arquitectónico e regulamentação contemporânea. Sobre práticas de reabilitação no edificado corrente”[4].

Por outro lado, pretende-se também identificar e listar as questões chave a ter em conta nos processos de reabilitação, tendo igualmente em conta os aspectos arquitectónicos, construtivos, económicos, sociais e de sustentabilidade, por forma a cruzar com os constrangimentos acima elencados e obter assim uma matriz que conduza á melhor solução de intervenção de uma listagem previamente definida.

É expectável com o desenvolvimento do trabalho a obtenção de uma matriz de fácil utilização, que seja aplicável à maioria dos edifícios de habitação existentes construídos nas décadas de 70 a 90 do século XX, e que permita identificar a melhor solução de intervenção a levar a cabo tendo em conta os constrangimentos existentes.

Em função da solução determinada, deverá ser possível quantificar os ganhos térmicos associados e verificar o cumprimento dos requisitos térmicos regulamentares atuais.

### 3 METODOLOGIA

Numa primeira abordagem pretende fazer-se uma análise da evolução da regulamentação térmica dos edifícios e verificar de que forma os edifícios em estudo estão em incumprimento no que respeita à legislação actualmente em vigor. Paralelamente será feita a análise das implicações do Regime Excepcional de Reabilitação Urbana (RERU) no que diz respeito às questões térmicas.

De seguida pretende fazer-se uma caracterização construtiva dos edifícios construídos nas décadas de 70 a 90 do século XX, com particular incidência aos elementos da envolvente (paredes exteriores, coberturas, pavimentos, vãos envidraçados e envolvente interior), identificação dos processos construtivos e dos materiais utilizados.

Com base nos edifícios objecto de estudo, serão realizados cálculos relativamente ao seu desempenho térmico tendo em conta a legislação actual para este tipo de edifícios. Será analisada uma fracção entre pisos, a fracção do rés-do-chão e a fracção do último piso e, com base nestas três fracções será extrapolado o desempenho para os edifícios.

É expectável que os edifícios não cumpram a legislação actualmente em vigor, particularmente no que diz respeito ao conforto térmico. Assim, serão alvo de análise o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regime Excepcional de reabilitação Urbana (RERU), regulamentos que visam estabelecer os requisitos mínimos de forma a respeitar as necessidades atuais.

Com base na caracterização construtiva e na identificação dos processos construtivos e dos materiais utilizados, serão elencados e devidamente identificados os constrangimentos de natureza arquitectónica, construtiva, económica, social e de sustentabilidade na aplicação de isolamento térmico na envolvente dos edifícios da época em estudo.

De seguida serão propostas diversas soluções de intervenção que permitam aos edifícios em estudo respeitar a legislação e garantir condições de conforto aos ocupantes. Soluções essas que terão como critério de escolha não apenas a sua eficiência, mas também, os princípios da reabilitação de edifícios no que respeita aos constrangimentos existentes. As soluções de intervenção propostas terão como base os sistemas tradicionais conhecidos, bem como sistemas de reforço térmico baseados em materiais e processos mais recentes, dentro do possível.

Com base nos elementos e dados acima elencados, far-se-á a matriz de apoio à definição das soluções de intervenção, tendo como objectivo o apoio na identificação da melhor solução de intervenção a levar a cabo na reabilitação térmica dos edifícios.

Por fim, far-se-á a aplicação da matriz acima descrita a 3 edifícios a definir na cidade de Coimbra. Procurar-se-á que os edifícios sejam representativos das épocas em estudo e que apresentem soluções arquitectónicas e construtivas diferentes, por forma a aferir a aplicabilidade da matriz desenvolvida a diferentes tipologias.

A parte final do desenvolvimento do trabalho consiste na redacção do texto da dissertação seguido de revisão, formatação, composição e impressão.

## 4 PLANO DE TRABALHOS

O trabalho a desenvolver no âmbito da proposta apresentada e de acordo com a metodologia acima descrita deverá decorrer, aproximadamente, de acordo com a seguinte programação:

Atividades	Ano Letivo 2016/17 - 1º Semestre																							
	Setembro				Outubro				Novembro				Dezembro				Janeiro				Fevereiro			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Análise da evolução da regulamentação térmica	■	■																						
Verificação do incumprimento da legislação atual			■																					
Avaliação das implicações do RERU				■																				
Caraterização construtiva dos edifícios da época					■	■																		
Cálculos relativos ao desempenho térmico dos edifícios							■																	
Identificação dos constrangimentos								■	■															
Listagem de soluções de intervenção										■	■													
Desenvolvimento da matriz de apoio												■	■	■	■									
Aplicação da matriz a 3 edifícios em Coimbra														■	■	■								
Redação do texto da dissertação de mestrado				■				■				■					■	■	■	■	■			
Revisão do texto, formatação, composição e impressão																						■	■	
Entrega da dissertação																								■

Fig. 1 – Plano de trabalhos para elaboração da dissertação

Não estão referenciados na programação acima apresentada a pesquisa, recolha e leitura de bibliografia relacionada, que deverá decorrer em simultâneo e ao longo de todo o processo de desenvolvimento do trabalho.

No decurso do trabalho poderão ser necessários pequenos ajustes à programação apresentada, por forma a melhor adequar a execução das actividades e cumprir o objectivo de conclusão até final do semestre.

## **5 SÍNTESE DE ASPETOS RELEVANTES PARA O TRABALHO A DESENVOLVER**

### **5.1. Principais características do parque habitacional português**

Importa, para enquadramento da problemática e do trabalho a desenvolver, fazer uma análise do nosso parque edificado no que respeita às principais características dos edifícios construídos na época de 70 a 90 do século XX. Para o efeito apresentam-se alguns dados estatísticos retirados da publicação elaborada em 2013 pelo Instituto Nacional de Estatística, I.P. (INE) e pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I.P. (LNEC) intitulada “O Parque Habitacional e a sua Reabilitação. Análise e Evolução 2001-2011” [5], em que a principal fonte de informação utilizada foram os resultados definitivos do Recenseamento Geral da População e da Habitação relativo ao ano 2011, e para análise da evolução do parque habitacional foram utilizados dados de Censos anteriores.

A análise das principais características do parque habitacional português, com interesse para o presente trabalho, foi feita com base nos dados relativos a diversos aspectos designadamente a época de construção, tipo de utilização, características construtivas (estrutura, revestimento exterior das paredes e cobertura) e estado de conservação dos edifícios, de que se apresentam seguidamente os resultados.

#### **5.1.1. Época de construção**

As elevadas taxas de crescimento do parque habitacional português durante as últimas décadas fizeram com que uma parte significativa dos edifícios existentes seja relativamente recente. Do total de edifícios clássicos existentes em 2011 (3.544.389), os construídos nas décadas 70 a 90 do século XX representam 48,7% deste parque habitacional. Estes edifícios distribuíram-se de forma aproximadamente uniforme por cada uma das décadas, sendo contudo de assinalar uma tendência de ligeira redução do número de edifícios nas últimas décadas (Fig. 2)

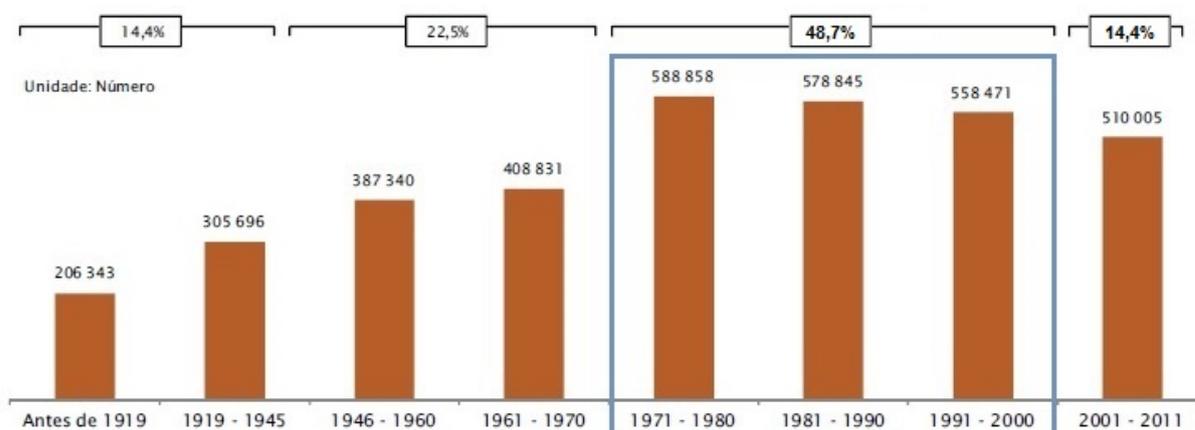


Fig. 2 - Número de edifícios clássicos segundo a época de construção

### 5.1.2. Tipo de utilização

Dos cerca de 3,5 milhões de edifícios clássicos destinados à habitação, 93,3% (3.305.062) estão afetos exclusivamente a habitação, 6,0% (213.090) têm a maior parte da área afeta a habitação e 0,7% (26.237) têm a maior parte da área afeta a fins diferentes da habitação (e.g., comércio, serviços)

Os edifícios afetos exclusivamente à habitação constituem mais de 90% dos edifícios em todas as regiões com exceção da região da Grande Lisboa onde a proporção é de 88,9%. A proporção de edifícios com a maior parte da área afeta a fins diferentes da habitação é muito reduzida em todas as regiões (i.e., igual ou inferior a 1,3%).

### 5.1.3. Características construtivas

#### Estrutura

Quase metade dos edifícios do País têm estrutura em betão armado (48,6%) e sensivelmente 1/3 dos edifícios têm estrutura constituída por paredes de alvenaria resistente com laje (31,7%). Os restantes edifícios têm tipos de estrutura menos representativos: paredes de alvenaria resistente sem laje (13,6%), paredes de alvenaria de pedra solta ou de adobe (5,3%) e outros tipos de estrutura (0,8%).

Relativamente aos edifícios construídos nas décadas 70 a 90 do século XX, verifica-se um crescimento progressivo e acentuado da estrutura em betão armado, passando de 45,0% nos edifícios construídos na década de 60 para aproximadamente 60,0% nos edifícios construídos na década de 90, o que demonstra claramente a evolução da utilização do betão armado naquele período. Por outro lado, conclui-se que a maioria dos edifícios da época em estudo têm estrutura em betão armado.

#### Revestimento exterior das paredes

A maioria dos edifícios em Portugal tem revestimento exterior das paredes em reboco tradicional ou marmorite (84,0%). A proporção dos restantes tipos de revestimento exterior é

reduzida: 11,6% em pedra, 3,8% em ladrilho cerâmico ou mosaico e 0,6% em outros revestimentos.

Também nos edifícios construídos nas décadas 70 a 90 do século XX, verifica-se uma predominância do reboco tradicional, com ligeiro crescimento nas primeiras décadas deste período, passando de aproximadamente 83,0% nos edifícios construídos na década de 60 para cerca de 90,0% nos edifícios construídos na década de 80, assistindo-se na década de 90 a um decréscimo para cerca de 88%. Os materiais de revestimento mais utilizados a seguir ao reboco são a pedra e o ladrilho cerâmico ou mosaico, verificando-se um crescimento do primeiro em detrimento dos segundos.

### **Tipo de cobertura**

A grande maioria dos edifícios do País tem cobertura inclinada revestida a telha cerâmica ou de betão (93,1%). A cobertura dos restantes edifícios divide-se de forma aproximadamente equilibrada entre cobertura inclinada revestida a outros materiais (1,8%), cobertura mista (inclinada e terraço) (2,1%) e cobertura em terraço (3,0%).

Verifica-se que a proporção de edifícios com cobertura inclinada revestida a telhas cerâmicas ou de betão diminuiu ligeiramente nos edifícios construídos nas últimas décadas. Assim, a cobertura inclinada revestida a telha passou de aproximadamente 96,0% nos edifícios construídos na década de 60 para cerca de 91,0% nos edifícios construídos na década de 90. Em contrapartida, a proporção de edifícios com cobertura em terraço aumentou nos edifícios construídos na época em análise.

#### **5.1.4. Estado de conservação**

Da publicação elaborada pelo Instituto Nacional de Estatística e pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil, verifica-se que a maioria dos edifícios do País não apresenta necessidades de reparação (71,1%). A proporção dos edifícios com necessidade de reparações diminui à medida que aumenta o grau das reparações necessárias (i.e., 17,6% necessitavam de pequenas reparações, 6,9% de reparações médias e 2,7% de grandes reparações). A proporção dos edifícios muito degradados é pouco significativa no parque habitacional português (1,7%).

Verifica-se que o estado de conservação melhora de forma gradual e acentuada nos edifícios cuja época de construção é mais recente. A proporção de edifícios sem necessidade de reparação passou de aproximadamente 60% nos edifícios construídos na década de 60 para cerca de 88,0% nos edifícios construídos na década de 90. Em contrapartida, a proporção de edifícios com necessidades de pequenas e médias reparações diminui ao longo das décadas, tornando-se estes últimos praticamente nulos nos edifícios construídos na década de 90. Não existem edifícios com necessidades de grandes reparações ou muito degradados construídos na época em estudo

No entanto, o estado de conservação cujos resultados acima se apresentam, constitui uma variável derivada que resultou da ponderação atribuída aos níveis de necessidades de

reparação observados em apenas três elementos do edifício (estrutura, cobertura, paredes e caixilharia exteriores), sem se ter em conta outros aspectos relevantes para este trabalho, designadamente conforto térmico e qualidade do ar interior.

Assim, a análise do estado de conservação do edificado carece de outra análise para além dos dados fornecidos pela publicação elaborada pelo Instituto Nacional de Estatística e pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil e que se apresenta seguidamente.

## **5.2. Outra visão do estado de conservação**

Pelo conhecimento de que dispomos consubstanciado na caracterização construtiva dos elementos da envolvente exterior dos edifícios da época de 70 a 90 do século passado, é expectável que a maioria dos edifícios de habitação construídos naquele período não responde às necessidades de conforto térmico e qualidade do ar interior, motivando o aumento significativo dos consumos energéticos [6].

As principais características responsáveis pelo baixo desempenho energético daquela tipologia de edifícios são genericamente os seguintes:

- Isolamento térmico inexistente ou insuficiente nos elementos opacos da envolvente;
- Falta de protecção solar adequada nos vãos envidraçados, dando origem a sobreaquecimento no interior dos edifícios aumentando as necessidades energéticas no caso de habitações com sistemas de arrefecimento;
- Presença de humidade no interior das habitações, que afecta o desempenho energético e a durabilidade;
- Baixo desempenho térmico de vãos envidraçados e portas (perdas de calor desproporcionadas por transmissão térmica e por infiltrações excessivas de ar);
- Existência de pontes térmicas na envolvente do edifício e insuficiente isolamento das mesmas;
- Ventilação não-controlada, criando maiores necessidades energéticas em aquecimento no inverno;
- Ventilação insuficiente, conduzindo a maiores níveis de humidade relativa no inverno e sobreaquecimento no verão. Provocando o desconforto dos ocupantes, fenómenos de condensação e baixo nível de qualidade do ar interior.

Na tarefa de reabilitação de um edifício é necessário ter presente que não existem soluções tipo, cada situação tem que ser analisada e estudada isoladamente, tendo em conta as condicionantes e constrangimentos próprios, bem como a especificidade do edifício em causa. Pode, no entanto, definir-se um conjunto de princípios gerais, que devem ser aplicados em função dos constrangimentos existentes e auxiliar assim na definição da solução mais adequada a aplicar a cada caso específico.

Tendo em conta que muitos dos edifícios construídos nas décadas de 70 a 90 do século XX apresentam os problemas acima identificados e que actualmente são alvo de obras de reabilitação para melhoria das condições de utilização, aumento de conforto térmico e

acústico e melhoria do desempenho energético, pretende-se com o presente trabalho avaliar os constrangimentos, dificuldades e soluções na aplicação de isolamento térmico naqueles edifícios, de modo a adequá-los às exigências actuais do ponto de vista térmico.

### **5.3. Evolução da regulamentação térmica de edifícios**

O facto de os edifícios serem responsáveis pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa, aliado à utilização crescente de tecnologias de climatização e ao permanente aumento dos preços dos combustíveis e da energia, tem motivado a actualização regular e consequente melhoria da regulamentação térmica. De salientar que o segundo aspecto atrás referido se deve ao baixo nível de conforto oferecido pela maioria dos edifícios, ao aumento das exigências de conforto por parte dos utilizadores das habitações e ao aumento da sua capacidade económica [7].

A regulamentação de relevo sobre energia em edifícios aparece em Portugal com a publicação, em 1982, das Regras de Qualidade Térmica da Envolvente de Edifícios (RQTEE) e do Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (RGCE).

“As RQTEE foram elaboradas pela Comissão para Estudo da Gestão de Energia em Edifícios (CEGENE) e constituíram, até à entrada em vigor do Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE), o documento que permitia a concepção da envolvente dos edifícios tendo em atenção as questões de possibilidade de condensações na estrutura e os problemas energéticos, mais propriamente as cargas através da envolvente. Estas regras propunham a utilização de estruturas com valores recomendados do coeficiente global de transmissão de calor.” [8].

O RGCE, de carácter obrigatório, tinha como objectivo reduzir o consumo energético dos grandes consumidores de energia e estabelecer metas para as empresas progressivamente reduzirem os seus consumos. Até 1994 visou apenas a indústria, ano em que a legislação complementar impôs a sua aplicação a edifícios.

Em 1985, com a entrada de Portugal para a Comunidade Económica Europeia (CEE), actual União Europeia (EU), passou a haver obrigação de implementar a regulamentação comunitária.

Em 1990 são publicados o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) (Decreto-lei n.º40/90 de 6 de Fevereiro), que estabelece os requisitos mínimos na verificação da qualidade e conforto térmico de edifícios, e o Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios (RQSE) (Decreto-Lei n.º 156/92 de 29 de Julho), com o objectivo de, através da aplicação conjunta destes regulamentos, conduzir a uma maior eficiência energética, reduzindo o respectivo consumo de energia.

O RCCTE (Decreto-Lei n.º 40/90, de 6 de Fevereiro), tinha como objectivo a melhoria da qualidade térmica da envolvente e consistia num método de verificação de conformidade em que as necessidades reais de aquecimento ou arrefecimento devem ser inferiores às

necessidades em condições nominais. Promovia, portanto, a utilização de técnicas construtivas e arquitectónicas que permitissem maior conforto e salubridade através da imposição de requisitos mínimos.

O RQSE (Decreto-Lei n.º 156/92) tinha como objectivo estabelecer as condições de dimensionamento, instalação e manutenção de sistemas energéticos de aquecimento e/ou de arrefecimento, numa perspectiva de utilização racional de energia e segurança das instalações. No entanto, foi suspenso pela CEE por não cumprir todas as directivas comunitárias. No âmbito da sua revisão surge o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) na forma do Decreto-Lei n.º 188/98 que posteriormente foi revogado pelo Decreto-Lei n.º 79/2006 com o mesmo nome.

No entanto, o facto do consumo de energia no sector dos edifícios ter aumentado a um ritmo médio de 7%/ano desde 1990, aliado ao Protocolo de Quioto (1995) que visa a redução das emissões de CO<sub>2</sub> e ao potencial de poupança nos edifícios europeus se tivessem um bom desempenho térmico, conduziram a União Europeia a apostar na eficiência energética dos edifícios, o que levou ao aparecimento da Directiva Europeia sobre o Desempenho Energético dos Edifícios (2002/91/CE de 16 de Dezembro de 2002) que implica a necessidade de tratar energeticamente os edifícios.

Esta directiva designa que os Estados membros da União Europeia devem implementar um sistema de certificação energética para obtenção da licença de utilização em edifícios novos, aquando de uma reabilitação importante de edifícios existentes, aquando da locação ou venda de edifícios de habitação e de serviços existentes (validade do certificado: máximo de 10 anos) e para edifícios públicos (de serviços) com mais de 1000m<sup>2</sup>.

Esta directiva teve impacto na ordem jurídica portuguesa, e a 4 de Abril de 2006 é transposta para o Direito Nacional, conduzindo à revisão do RCCTE (Decreto-lei n.º 80/2006, de 4 de Abril) e do RSECE (Decreto-lei n.º 79/2006, de 4 de Abril) e à criação do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) (através do Decreto-lei n.º 78/2006, de 4 de Abril).

Assim, o Decreto-Lei n.º 80/2006 aprova a nova versão do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), que mantém os objectivos do regulamento anterior mas aumenta o nível de exigência da qualidade da envolvente dos edifícios. Este regulamento também tem como objectivo minimizar as situações patológicas nos elementos de construção, tendo em vista o aumento da durabilidade dos mesmos. É mais exigente que o antecessor nos seguintes aspectos:

- Ao nível do estabelecimento de regras a observar no projecto de todos os novos edifícios de habitação e dos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados;
- Ao criar a obrigatoriedade de recurso a colectores solares;
- Ao pretender que as necessidades de conforto possam vir a ser satisfeitas sem dispêndio excessivo de energia;
- Na definição das taxas de renovação de ar;

- Na formação profissional dos técnicos que possam vir a comprovar o cumprimento dos requisitos.

É aplicável a novos edifícios de habitação e de serviços sem sistemas de climatização centralizados e às grandes intervenções de remodelação, de alteração na envolvente ou nas instalações de preparação de águas quentes sanitárias dos edifícios de habitação e dos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados (custo superior a 25% do valor do edifício).

O Decreto-Lei n.º 79/2006 aprova a nova versão do Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios (RSECE), revogando o anterior RSECE de 1998, e define um conjunto de requisitos para edifícios de habitação e serviços dotados de sistemas de climatização (com potência superior a 25kW) visando melhorar a eficiência energética global dos edifícios, aumentando as exigências ao nível do dimensionamento, manutenção e funcionamento das instalações de equipamentos e da qualidade do ar interior através de monitorização regular. Também há aumento de exigência de formação profissional dos técnicos que possam vir a ser responsáveis pela verificação dos requisitos.

O Decreto-lei n.º 78/2006 aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade de Ar Interior dos Edifícios (SCE), estabelece um conjunto de regras e metodologias de forma a assegurar a aplicação, no que diz respeito às condições de eficiência energética, à utilização de sistemas de energias renováveis e, ainda, às condições de garantia do ar interior, de acordo com as exigências e disposições contidas no RCCTE e RSECE.

O SCE é gerido pela Agência para a Energia (ADENE) e supervisionado/fiscalizado pela Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) e tem como objectivo garantir a eficiência energética dos edifícios, a utilização de energias renováveis e a qualidade do ar interior dos edifícios. Também pretende que sejam identificadas as medidas correctivas ou de melhoria de desempenho dos edifícios e respectivos sistemas energéticos. Apoia-se na aplicação do RCCTE e do RSECE, caracterizando energeticamente os edifícios através de uma etiqueta energética (os cálculos do consumo de energia são essenciais para determinar a etiqueta energética).

O SCE teve uma aplicação faseada, tendo começado a primeira fase a 1 de Julho de 2007 aplicável a edifícios de serviços ou habitação com área útil de pavimento superior a 1000 m<sup>2</sup> ou 500 m<sup>2</sup>, consoante a respectiva tipologia, cujos pedidos de licenciamento ou autorização de construção fossem apresentados à entidade licenciadora após a entrada em vigor do SCE (1 de Julho de 2007).

A segunda fase iniciou-se a 1 de Julho de 2008, sendo que o SCE passa a ser aplicável a todos os edifícios de serviços ou habitação com pedido de licenciamento feito a partir desta data.

Entretanto, para clarificação de alguns dos princípios do texto da Diretiva n.º 2002/91/CE, de 16 de dezembro de 2002, e introduzir novas disposições que visam o reforço do quadro de promoção do desempenho energético nos edifícios, à luz das metas e dos desafios acordados pelos Estados-Membros para 2020, a União Europeia, através do Parlamento Europeu e do

Conselho, aprova a 19 de maio de 2010 a Diretiva 2010/31/EU relativa ao desempenho energético dos edifícios, que entre outros requisitos, impõe aos Estados-Membros o estabelecimento e atualização periódica de regulamentos para reduzir os consumos energéticos nos edifícios novos e reabilitados, impondo, com poucas exceções, a implementação de todas as medidas pertinentes com viabilidade técnica e económica.

É assim estabelecida uma meta, no que diz respeito a comportamento térmico e eficiência de sistemas, com um horizonte temporal limite até 2020, a partir do qual são introduzidos requisitos de eficiência energética para os principais tipos de sistemas técnicos dos edifícios, ficando desta forma, sujeitos a padrões mínimos de eficiência energética, os sistemas de climatização, de preparação de água quente sanitária, de iluminação, de aproveitamento de energias renováveis de gestão de energia. Surge o conceito de edifício com necessidades quase nulas de energia, que passará a constituir o padrão para a nova construção a partir de 2020, ou de 2018, no caso de edifícios novos de entidades públicas

Esta directiva teve impacto na ordem jurídica portuguesa, e a 20 de Agosto de 2013 é transposta para o Direito Nacional pelo **Decreto-Lei nº. 118/2013**, que aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

Esta atualização da legislação agrega num só diploma matérias que anteriormente eram reguladas por três diplomas distintos (RCCTE, RSECE, SCE), procurando promover a harmonização e articulação dos conceitos, a terminologia e a facilidade de interpretação por parte dos destinatários das normas.

#### **Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE):**

Tem por objetivos, entre outros: assegurar a aplicação regulamentar no que respeita às condições de eficiência energética e à utilização de sistemas de energias renováveis de acordo com as exigências e disposições contidas no REH e no RECS; certificar o desempenho energético nos edifícios; identificar as medidas corretivas ou de melhoria de desempenho energético aplicáveis aos edifícios e principais tipos de sistemas técnicos dos edifícios, ficando assim, igualmente sujeitos a padrões mínimos de eficiência energética, os sistemas de climatização, de preparação de água quente sanitária, de iluminação, de aproveitamento de energias renováveis de gestão de energia.

#### **Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH):**

Estabelece os requisitos para os edifícios de habitação, novos ou sujeitos a intervenções, bem como os parâmetros e metodologias de caracterização do desempenho energético, em condições nominais, de todos os edifícios de habitação e dos seus sistemas técnicos, no sentido de promover a melhoria do respetivo comportamento térmico, a eficiência dos seus

sistemas técnicos e a minimização do risco de ocorrência de condensações superficiais nos elementos da envolvente.

**Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS):**

Estabelece as condições a observar no projeto, construção, alteração, operação e manutenção de edifícios de comércio e serviços e seus sistemas técnicos, bem como os requisitos para a caracterização do seu desempenho, no sentido de promover a eficiência energética e a qualidade do ar interior.

Desde a publicação do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de Agosto, até ao final de Junho de 2016, entre Leis, Decretos-Lei, Portarias, Despachos e Declarações de Retificação, registam-se cerca de 36 (trinta e seis) publicações relacionadas, donde se destacam as quatro seguintes pela sua importância:

O **Decreto-Lei n.º 68-A/2015**, de 30 de Abril estabelece disposições em matéria de eficiência energética e cogeração, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2012/27/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012, relativa à Eficiência Energética. Proceda também à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, que aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços.

O **Decreto-Lei n.º 194/2015**, de 14 de Setembro, que procede à segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, relativo ao desempenho energético dos edifícios, e à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 53/2014, de 8 de Abril, que estabelece um regime excecional e temporário aplicável à reabilitação de edifícios ou de frações, cuja construção tenha sido concluída há pelo menos 30 anos ou localizados em áreas de reabilitação urbana, sempre que se destinem a ser afetos total ou predominantemente ao uso habitacional.

O **Decreto-Lei n.º 251/2015**, de 25 de Novembro, que procede à terceira alteração ao Decreto-Lei n.º 118/2013, que aprovou o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transpôs a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

O **Decreto-Lei n.º 28/2016**, de 23 de Junho, que procede à quarta alteração ao Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, que aprovou o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transpôs a Diretiva 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

Importa referir que o Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de Agosto alterado pelo Decreto-Lei n.º 28/2016, de 23 de Junho, define, na sua redação actual, que os edifícios sujeitos a

intervenção (de reabilitação, remodelação, recuperação e ampliação), nas situações em que exista inviabilidade de ordem técnica ou funcional e/ou económica, reconhecida pela entidade gestora do sistema de certificação energética, e ainda de valor arquitetónico, reconhecido por entidade competente para o efeito, na medida em que o cumprimento de certos requisitos mínimos de desempenho energético poderia alterar de forma inaceitável o carácter ou o aspeto dos edifícios, possam optar pelo cumprimento parcial ou não cumprimento dos referidos requisitos, desde que convenientemente justificadas pelo técnico autor do projeto e aceites pela entidade licenciadora.

Esta exceção permite solucionar algumas situações no âmbito da reabilitação de edifícios de habitação, no entanto, é de muito difícil aplicabilidade já que, como vimos, carece em simultâneo de reconhecimento pela entidade gestora do sistema de certificação energética (ADENE), de reconhecimento do valor arquitetónico do edifício por entidade competente para o efeito e de justificação pelo técnico autor do projeto e aceite pela entidade licenciadora.

#### **5.4. Análise do RERU sob o ponto de vista térmico**

A 8 de Abril de 2014 foi aprovado o Decreto-Lei n.º 53/2014, que estabelece um regime excecional e temporário aplicável à reabilitação de edifícios ou de frações, que cumpram, cumulativamente, os seguintes requisitos:

- Cujas construção tenha sido concluída há pelo menos 30 anos ou localizados em áreas de reabilitação urbana (definidas pelas Câmaras Municipais);
- Sempre que se destinem a ser afetos, total ou predominantemente, ao uso habitacional.

Relativamente ao primeiro requisito, exclui um sem número de edifícios por não estarem no perímetro da ARU e não terem mais do que 30 anos, mas que requerem intervenções de reabilitação, por vezes ligeiras, mas importantes para melhoria das condições térmicas e de desempenho energético. Podemos pensar desde já nos edifícios construídos na última década do século passado, conforme veremos mais à frente.

Por outro lado, considera-se no âmbito de aplicação do regime, que um edifício ou fração se destina a ser afecto, predominantemente, a uso habitacional quando pelo menos 50% da sua área se destine a habitação e a usos complementares, designadamente, estacionamento, arrecadação ou usos sociais. Ora, este requisito elimina logo à partida um enorme número de edifícios antigos, designadamente os que viram o seu uso de habitação substituído ao longo dos anos por outro uso, designadamente comércio e serviços, por força das circunstâncias locais e de alterações do mercado.

O Regime Excecional de Reabilitação Urbana (RERU) consiste num conjunto de normas que dispensa as obras de reabilitação urbana do cumprimento de determinadas normas técnicas aplicáveis à construção, pelo facto dessas normas estarem orientadas para a construção nova e não para a reabilitação de edifícios. É excecional porque pretende dar resposta a uma conjuntura económica e social extraordinária e é temporário porque vigora por um período de 7 anos, até 9 de Abril de 2021 [IHRU].

O Decreto-Lei n.º 53/2014 de 8 de Abril foi alterado pelo Decreto-Lei n.º 194/2015, de 14 de Setembro e, na sua redacção actual, no que respeita aos requisitos de eficiência energética e qualidade térmica (Artigo 6.º), determina o seguinte:

1 - As operações urbanísticas identificadas no n.º 2 do artigo 2.º devem cumprir os requisitos mínimos de eficiência energética e de qualidade térmica, salvo nas situações de inviabilidade de ordem técnica, funcional e ou económica, admitidas nos termos do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto.

2 - A inviabilidade de ordem técnica, funcional e ou económica dos requisitos mínimos de eficiência energética e de qualidade térmica nas operações urbanísticas referidas no número anterior deve ser fundamentada, de acordo com os termos do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto.

3 - As exigências legais de instalação de sistemas solares térmicos para aquecimento de água sanitária, assim como o recurso a formas alternativas e renováveis de energia são obrigatórias, salvo nas situações de inviabilidade de ordem técnica, funcional e/ou económica, admitidas nos termos do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto.

4 - A inviabilidade de ordem técnica, funcional e/ou económica da instalação de sistemas solares térmicos para aquecimento de água sanitária, assim como o recurso a formas alternativas e renováveis de energia, referidas no número anterior, deve ser fundamentada, de acordo com os termos do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto.

As implicações destas disposições do RERU serão analisadas e comentadas em detalhe no âmbito da dissertação de mestrado, em particular no que respeita aos edifícios construídos na época de 70 a 90 do século XX.

## **5.5. Caracterização construtiva dos elementos da envolvente exterior dos edifícios em estudo**

Relativamente aos processos construtivos adotados ao longo dos anos e à conseqüente constituição das paredes, coberturas e pavimentos, é interessante verificar que foram fortemente condicionados pelas alterações legislativas de térmica e acústica que se sucederam e que atrás foram descritas.

Seguidamente procura-se descrever sucintamente a evolução verificada nos elementos da envolvente dos edifícios, e caracterizá-los do ponto de vista construtivo para os edifícios construídos na época de 70 a 90 do século XX:

### **5.5.1. Paredes exteriores**

Apesar de não existir nenhum estudo aprofundado acerca da evolução das soluções de paredes de alvenaria em Portugal, é possível afirmar que as soluções tradicionais começaram a evoluir a partir de meados do século XX, de uma forma rápida e por isso, nem sempre adequada às condições locais e à própria evolução das exigências [9].

Por volta da década de 40 do século passado, sobretudo nas zonas urbanas, assiste-se a uma generalização das estruturas porticadas de betão armado, pelo que as paredes foram perdendo a sua função resistente e passaram cada vez mais a ser simples panos de enchimento. A pedra, muito utilizada até então, começou então a ceder progressivamente o seu lugar aos tijolos cerâmicos e a outros materiais.

Na década de 60 e 70 a parede dupla de tijolo furado tornou-se a principal solução de parede de fachada, o que permitiu:

- Reduzir a espessura dos panos e o peso das paredes;
- Melhorar a produtividade com aumento de rendimento e economia nos custos de mão-de-obra;
- Melhorar a estanquidade à penetração da água da chuva e as características térmicas e acústicas.

Inicialmente o pano exterior era bastante mais espesso que o interior, mas a evolução foi no sentido da redução dessa espessura, até que na década de 70, os dois panos já apresentavam dimensões idênticas e por vezes muito reduzidas. Durante os anos 80, começaram-se a introduzir isolantes térmicos preenchendo parcial ou totalmente a caixa-de-ar das paredes [10].

Na década de 90, foram introduzidos em Portugal sistemas de isolamento térmico pelo exterior, que geralmente têm como suporte uma parede simples de alvenaria. Estas alterações foram introduzidas numa tentativa de melhorar o conforto térmico dos edifícios aliado a uma poupança de energia imposta pelas regulamentações térmicas existentes.

A evolução da constituição das paredes de alvenaria segue então a seguinte sequência que se apresenta ilustrada na Fig. 3:

- Parede simples espessa de pedra ou de tijolo maciço;
- Paredes de pedra com pano interior de tijolo furado e eventual caixa-de-ar;
- Paredes duplas de tijolo furado com um pano (exterior) espesso;
- Paredes duplas de tijolo furado com panos de espessura média ou reduzida;
- Paredes duplas de tijolo furado com isolamento térmico a preencher total ou parcialmente a caixa-de-ar;
- Paredes simples de tijolo furado com isolamento térmico pelo exterior.

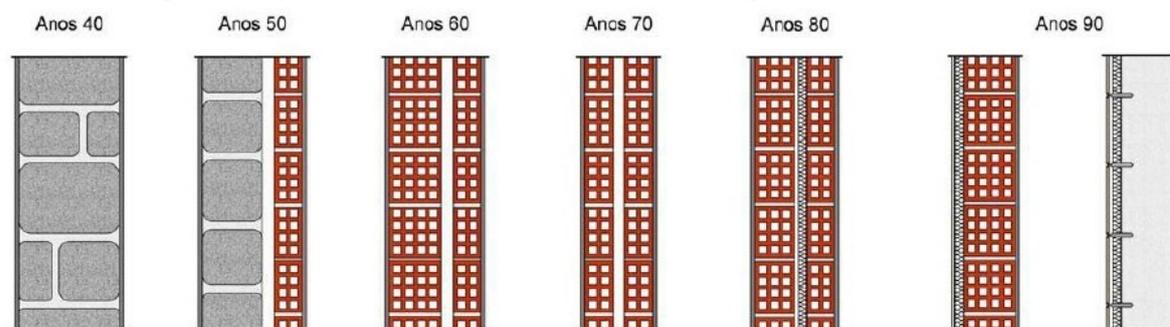


Fig.3 – Evolução das paredes de alvenaria exterior em Portugal [11]

Do ponto de vista construtivo, os elementos da envolvente exterior dos edifícios construídos na época de 70 a 90 do século XX, poderão genericamente ser caracterizados da seguinte forma [1]:

**Paredes duplas de tijolo face à vista:** Este tipo de paredes é constituído por dois panos de alvenaria em que um deles é visível do exterior, sendo por isso de outro tipo que o tijolo de enchimento. Os blocos assentam, como numa parede dupla de alvenaria corrente, sobre argamassa, sendo deixado um espaço de ar entre os panos. Na base, deve haver tubos salientes, ou juntas abertas entre tijolos, que permitam a ventilação das paredes e saída de água que eventualmente aí condense. Para assegurar a estabilidade da parede e evitar quedas de tijolos, podem existir ligadores metálicos a solidarizar ambos os panos de alvenaria.

As paredes assentam nas lajes, que podem ou não ter os topos à vista. As juntas de dilatação, que são preenchidas com mastiques, podem ser feitas de forma totalmente vertical, cortando os tijolos, sendo esta a solução mais usual, ou podem contornar o desenho dos tijolos.

**Paredes duplas com acabamento em reboco e pintura:** Estas paredes são em geral compostas por dois panos de alvenaria de enchimento, sendo que, dependendo da época de construção, podem ser de diferentes espessuras e que, por regra, o mais espesso é o exterior. Sobre as superfícies exteriores e interior é aplicado um reboco à base de cimento e pintura.

Os topos das lajes podem estar à vista mas é mais usual que estejam embebidos na parede. A base das paredes pode ter tubos de ventilação do espaço de ar. Pode haver ligadores metálicos entre ambos os panos da parede com o objectivo de solidarizar o elemento. Quanto às juntas de dilatação são geralmente preenchidas com mástique.

**Paredes duplas com revestimento colado:** Tratam-se, usualmente, de paredes duplas com espaço de ar, com revestimento cerâmico aplicado sobre o pano exterior. Cada pano é constituído por blocos de tijolo furado assentes com argamassa e os dois podem encontrar-se ligados com ligadores metálicos.

O espaço de ar é ventilado com tubos salientes na base das paredes. O revestimento pode ser ladrilho cerâmico, pastilha cerâmica ou pedra. É colado recorrendo ao uso de cimento cola. Para evitar a queda de elementos de revestimento são, em alguns casos, dimensionadas juntas de fraccionamento para absorver as dilatações dos materiais por variações térmicas ou higrotérmicas. As juntas de dilatação são feitas verticalmente e preenchidas com mástique.

**Parede simples de betão celular autoclavado:** São constituídas por blocos de betão celular autoclavado assentes sobre uma argamassa especialmente concebida para este tipo de elementos. Em Portugal, caíram, de certa forma, em desuso, embora sejam frequentemente encontrados em edifícios desta época. A razão disso é, provavelmente, o uso da argamassa inadequada, o que provoca reacções nos materiais comprometendo a integridade do sistema.

Este tipo de sistema possui, pelas características físicas dos blocos, bastantes vantagens no que toca ao isolamento térmico e acústico, constituindo por isso uma vantagem face aos outros materiais utilizados na época: Por serem blocos à vista, cria enormes constrangimentos

na reabilitação. As juntas de dilatação são feitas à semelhança das paredes de alvenaria e preenchidas com mástique.

**Parede simples de betão maciço:** São paredes constituídas unicamente por betão armado, podendo ser cofradas in-situ ou ser préfabricadas. Por falta de qualidades que assegurem o conforto térmico interior e por não haver regulamentação térmica nas décadas em análise, foram utilizadas mais na década de 90. Hoje em dia, com a colocação de isolamento adequado, podem constituir excelentes soluções de paredes de fachada.

Para além de constituírem o enchimento das paredes, integram também a estrutura do edifício. O revestimento pode ser de qualquer tipo desde o reboco e pintura, a revestimento cerâmico. São construídas em várias partes, constituindo as separações as juntas de dilatação que são preenchidas com mástique.

**Zonas de parede de fachada em betão face à vista:** As paredes de alvenaria assentam sobre lajes de betão armado. Os topos podem, muitas vezes, estar visíveis fazendo parte da envolvente dos edifícios. Por razões da escolha do sistema construtivo ou estéticas podem ainda haver outras zonas da fachada com elementos em betão à vista.

Tratam-se então de elementos, geralmente estruturais, em betão armado visível na fachada. Podem ser pintadas com um material hidrófugo para evitar infiltrações ou não levar qualquer tipo de tratamento. A ligação da alvenaria de preenchimento a estes elementos de laje é feita por assentamento, encontrando-se por vezes ligadores metálicos de solidarização.

**Varandas:** Estes elementos encontram-se muitas vezes em consola, pelo que muitas patologias têm neles origem, dada a sua deformabilidade. As varandas são constituídas por um prolongamento da laje estrutural dos pisos, podendo ser apoiadas ou em consola, como se disse. São elementos que poderão criar grandes constrangimentos na reabilitação térmica dos edifícios.

O pavimento é geralmente revestido a elementos cerâmicos, lajetas de betão ou betonilha. O paramento inferior é rebocado e pintado, em madeira, betão à vista, ou outro material. A sua guarda pode ser também em betão, em alvenaria ou simplesmente metálica. Pode também ser constituída por uma floreira, ou pela conjugação destes elementos. Pode apresentar-se como qualquer um dos elementos descritos para paredes de fachada: reboco e pintura, tijolo face à vista, betão à vista ou elementos cerâmicos.

A drenagem das águas pluviais, à semelhança das coberturas em terraço, pode ser feita por caleiras que conduzem a água a tubos de queda ou por furos que levam a água a sair sob a sua base.

**Floreiras:** As floreiras são elementos exteriores constituintes das paredes de fachada que têm que ser objecto de atenção não só devido às patologias que originam como também aos constrangimentos que provocam na reabilitação.

São muitas vezes em betão armado, revestidas ou não, de forma a melhor se enquadrarem na envolvente. Podem ser directamente apoiadas sobre a laje da varanda ou do terraço, estarem

sobre apoios, de forma a que água possa escoar sob estas ou estarem fixas à fachada, constituindo elementos em consola.

O seu interior muitas vezes não possui qualquer tipo de revestimento impermeabilizante mas pode ter telas ou elementos metálicos. Pode ter um capeamento metálico na parte superior. A drenagem é feita por tubos na sua base, conduzindo a água para o exterior.

### **5.5.2. Coberturas**

A construção de coberturas de madeira, após numerosos séculos de uso e aperfeiçoamento, perdeu o seu fulgor com o aparecimento do aço e do betão. A madeira era um recurso disponível, fácil de trabalhar e a mão-de-obra qualificada era abundante. Com o aparecimento de novos materiais e com a industrialização, a madeira deixou praticamente de ser utilizada.

Estruturas como as asnas exigiam mão-de-obra qualificada para a execução de entalhes, o que deixou de ser comportável numa indústria preocupada em produzir em quantidade e a preços reduzidos. Passou então a ser conotada como um material pobre, que do ponto de vista estrutural servia apenas para aplicações provisórias. A sua não utilização levou à perda de praticamente todo o conhecimento adquirido ao longo dos séculos (Branco, 2012).

Nos edifícios construídos nas décadas de 70 a 90 do século passado encontramos coberturas inclinadas e em terraço, executadas com os materiais correntes da época, designadamente o betão armado, elementos pré-fabricados de vigotas pré-esforçadas e abobadilhas, e alvenaria de tijolo ou blocos de cimento para apoio.

As coberturas inclinadas representam a maioria das coberturas dos edifícios de habitação da época e geralmente a estrutura de apoio é em função do tipo de revestimento utilizado, sendo os mais comuns as chapas de fibrocimento ou metálicas e as telhas cerâmicas ou de betão. A drenagem das águas pluviais é feita por algerozes e caleiras ligados a tubos de queda, geralmente exteriores, sendo conduzidas a colectores prediais.

As coberturas inclinadas com revestimento em chapas de fibrocimento ou metálicas são constituídas, em geral, por uma laje aligeirada ou de betão armado, desvão ventilado e uma estrutura de suporte sobre o qual assentam as chapas. Essa estrutura é usualmente constituída por vigotas pré-fabricadas de betão armado apoiadas em muretes de alvenaria de tijolo existentes no desvão, podendo também ser de aço ou madeira nalguns casos. A fixação do revestimento ao suporte é feita através de grampos metálicos que perfuram a chapa nas zonas superiores da ondulação, para minimizar os riscos de infiltrações, fixando-se depois ao suporte.

As coberturas inclinadas com revestimento em telha cerâmica são constituídas, na maioria dos casos, por uma laje de betão armado com desvão ventilado e uma estrutura de suporte sobre a qual assentam as telhas. A estrutura de suporte é geralmente em laje aligeirada de elementos pré-fabricados ou simplesmente vigotas pré-esforçadas dispostas na direção da vertente inclinada, assente em muretes de alvenaria de tijolo ou blocos cerâmicos, sobre o qual assentam as telhas cerâmicas que são do tipo Marselha ou aba e canudo. A inclinação destas

coberturas ronda os 20°. Sobre a laje ou vigamento, é fixado um ripado constituído por réguas de betão armado, madeira ou de argamassa, sobre as quais assentam as telhas.

Quanto às coberturas horizontais, podem ser acessíveis ou não acessíveis, diferindo principalmente no tipo de revestimento, já que o elemento de suporte é geralmente em laje aligeirada de vigotas e abobadilhas pré-fabricadas ou laje maciça ou aligeirada de betão armado.

As coberturas não acessíveis são constituídas por uma laje de suporte e uma camada de regularização sobre a qual é assente o revestimento impermeabilizante. Alguns casos podem ainda ter uma camada de protecção em godo. O material impermeabilizante pode ser telas impermeabilizantes auto-protegidas ou betume asfáltico.

As coberturas acessíveis são semelhantes às descritas anteriormente à exceção do revestimento, que neste caso tem que ter resistência e conforto suficientes para fazer face às solicitações a que está exposto, pelo que não pode ser simplesmente constituído pelas telas impermeabilizantes.

Os revestimentos das coberturas podem ser de variados tipos: pedra; revestimento cerâmico; lajetas de betão; argamassa de cimento; entre outros. Alguns são simplesmente colados ou aplicados ou podem ser colocados sobre suportes plásticos como acontece muitas vezes com as lajetas de betão.

Quanto à existência de isolamento térmico, devido essencialmente à obrigação de colocação deste ter sido regulamentada apenas na década de 90, os edifícios anteriores a esta data, geralmente não o apresentam, a menos que tenham sido alvo de alguma intervenção recente.

### **5.5.3. Pavimentos**

Os pavimentos sobre zonas exteriores dos edifícios podem encontrar-se quando há consolas, galerias ou varandas. São constituídos por lajes maciças ou aligeiradas de betão armado.

Por razões relacionadas com a falta de regulamentação até à década de 90 do século passado, os pavimentos não são isolados termicamente. O seu paramento inferior é geralmente rebocado e pintado ou, em alguns casos, revestido a madeira ou com outros materiais, por razões estéticas.

### **5.5.4. Vãos envidraçados**

Os vãos envidraçados são elementos que é necessário analisar com algum pormenor pois são de grande importância no desempenho de um edifício: são responsáveis por uma parte significativa das perdas e ganhos térmicos; afectam a acústica do edifício de forma expressiva; muitas patologias como infiltrações ou escorrências acontecem na sua envolvente. São constituídos por caixilhos e vidro. Para além disso, tem que se analisar também o seu contorno: padieiras, soleiras, ombreiras, peitoris e caixas de estore.

Quanto ao tipo de caixilharia e no que respeita aos materiais, os mais utilizados são em alumínio, seguido da madeira e em menor quantidade outros materiais tais como o aço ou o

PVC. Já o vidro pode ser duplo ou simples, no entanto, dada a época de construção dos edifícios em análise, muitos vãos são constituídos unicamente por um paramento de vidro.

Os elementos interiores de contorno são, na maior parte dos edifícios da época, em madeira. Já os exteriores são de vários tipos. Os peitoris, ou soleiras caso seja um vão que dê para um terraço, podem ser em pedra, betão armado, em elementos metálicos, ou no material de revestimento das fachadas. De notar que a sua configuração é de alguma importância para evitar as infiltrações para o interior e escorrências no exterior, bem como outras patologias. Quanto às ombreiras é-lhes aplicado, usualmente, o mesmo tratamento das fachadas em que se inserem. As padieiras também podem ser executadas desta forma mas encontram-se muitos casos em que a viga de betão, que suporta as cargas provenientes dos elementos que as encimam, se encontra à vista.

As caixas de estore, quando existentes, são interiores ou exteriores. Cada vão está sob uma caixa plástica que serve para enrolar o estore quando este não se encontra em utilização. A maioria dos estores são em PVC mas podem ser também de madeira ou alumínio. Deslizam por uma calha de alumínio colocada nas ombreiras do vão e são accionados por um sistema de roldanas.

As clarabóias são elementos que, na maior parte dos casos, existem para fornecer luz a zonas comuns como caixas de escadas ou outras. Podem também existir em habitações localizadas sob cobertura. Podem emergir em coberturas em terraço ou inclinadas e a sua forma pode ser rectangular, piramidal, ou outra.

São, muitas das vezes, fixas e constituídas apenas por caixilho e vidro simples. O primeiro pode ser de aço ou de alumínio. Os remates com a cobertura são feitos através do prolongamento das telas, alumínio gofrado ou rufos metálicos. Alguns tipos de clarabóias assentam em muretes de betão ou alvenaria enquanto outros estão fixados a aberturas na laje por outros meios mecânicos.

#### **5.5.5. Envolvente Interior**

Os pavimentos interiores são, na sua maioria, em madeira: flutuante ou em taco, no caso dos quartos, salas e zonas comuns. Nas zonas sanitárias e cozinhas são em ladrilho cerâmico ou pedra natural.

As paredes são rebocadas ou estucadas e pintadas, sendo que algumas partes são em madeira, como o contorno de vãos envidraçados ou portas, ou outros ocasionalmente. As cozinhas e casas de banho são geralmente revestidas com elementos cerâmicos como ladrilhos ou pastilha ou pedra natural, podendo porém ser também efectuadas com reboco e pintura. Quanto aos tectos são, na generalidade dos casos, em reboco ou estuque direto e pintura.

Para além disto, no que toca a caves e garagens, os pavimentos podem ser em betonilha e as paredes em betão pintado.

## 5.6. Medidas de reabilitação térmica de edifícios [7]

As medidas seguidamente apresentadas visam conferir, do ponto de vista térmico, uma significativa melhoria da qualidade aos edifícios, possibilitando também a redução de necessidades energéticas, a redução de manifestações patológicas e o aumento do conforto interior.

As medidas de economia de energia em edifícios podem ser relativas à reabilitação térmica da envolvente (reforço do isolamento térmico da envolvente, controlo das infiltrações de ar ou recurso a tecnologias solares passivas e activas) ou à reabilitação energética das instalações (melhoria da eficiência dos sistemas e equipamentos energéticos). A combinação destas medidas permite obter maior eficácia na intervenção.

Conforme já foi referido anteriormente, os edifícios a reabilitar objecto do presente estudo foram construídos, na sua maioria, antes da existência de regulamentação térmica pelo que apresentam um insuficiente desempenho, em questões térmicas e de conforto, relativamente aos padrões actuais. Este facto justifica o estudo da aplicabilidade destas medidas nesses edifícios.

### 5.6.1. Paredes exteriores

O reforço do isolamento térmico de paredes exteriores pode ser feito pelo exterior, pelo interior ou na caixa de ar. A opção da localização do isolante está, no entanto, sujeita às seguintes condicionantes:

- Se existirem condicionamentos arquitectónicos à alteração do paramento exterior (caso de revestimentos nobres), o isolamento apenas pode ser reforçado pelo interior;
- Se não existirem condicionamentos arquitectónicos à alteração do paramento exterior e se este se apresentar degradado então é mais indicado o reforço pelo exterior;
- O reforço do isolamento em caixa de ar apenas é possível no caso de paredes duplas e tem desvantagens como, por exemplo, não permitir deixar espaço de ar para ventilação, ficando o isolamento vulnerável à entrada de humidade através do pano exterior, além de que o incompleto/irregular preenchimento da caixa de ar cria uma situação de pontes térmicas.

As soluções mais utilizadas de revestimento térmico pelo exterior são os revestimentos independentes descontínuos com interposição de um isolante térmico no espaço de ar e os sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior.

As soluções do primeiro tipo consistem na fixação directamente à parede de uma camada de isolamento térmico e na execução de um revestimento independente exterior de elementos descontínuos (como por exemplo placas de pedra) fixado à parede através de uma estrutura de suporte (metálica ou de madeira) que protege o isolamento térmico da chuva. Entre o isolamento e o revestimento deixa-se um espaço de ar fortemente ventilado.

As soluções do segundo tipo são conhecidas pela sigla ETICS (External Thermal Insulating Composite Systems). Este sistema é fixado por colagem, mecanicamente ou das duas

maneiras e recebe posteriormente revestimento exterior contínuo armado. Existem dois tipos de ETICS que se distinguem pela espessura do revestimento exterior.

Nos sistemas de revestimento espesso utilizam-se normalmente placas de lã mineral ou de poliestireno expandido moldado e revestimento de ligante mineral armado com rede metálica ou fibra de vidro protegida contra a acção da álcalis do cimento.

Nos sistemas de revestimento delgado utilizam-se principalmente placas de poliestireno expandido moldado e revestimento de ligante sintético ou misto armado com rede de fibra de vidro protegida contra a acção da alcális do cimento. Em zonas de acesso ao público convém reforçar com outra rede do mesmo material para aumentar a resistência ao choque.

A solução de revestimentos isolantes consiste em argamassas que incorporam grânulos de isolante térmico (como por exemplo poliestireno expandido), o que permite reduzir a sua condutibilidade térmica. Como o reboco isolante tem reduzida espessura, são necessárias medidas complementares para aumentar a resistência térmica da parede.

Em termos de reforço de isolamento térmico pelo interior, os painéis isolantes fixados contra a parede são constituídos por um material isolante térmico e por elemento interior que confere resistência mecânica (geralmente placas de gesso cartonado) e permite a aplicação de revestimentos superficiais diversos (como, reboco, pintura ou papel de parede).

Estes painéis podem ser colados ao paramento interior da parede (sistema directo), ser fixados à parede através de uma estrutura que permite a existência de uma caixa de ar (sistema semidirecto) ou ser fixados mecanicamente ao tecto e pavimento por uma estrutura metálica, sendo o espaço de ar existente entre a parede de base e o elemento de revestimento preenchido total ou parcialmente pelo material isolante térmico (sistema autoportante).

Devido aos impedimentos à modificação de fachadas em edifícios das zonas históricas das cidades, o reforço do isolamento térmico pelo interior acaba por ser a solução possível. As vantagens e desvantagens desta solução em relação à de reforço do isolamento pelo exterior estão descritas na bibliografia da especialidade a consultar na fase de elaboração da dissertação.

#### **5.6.2. Coberturas**

As grandes opções necessárias para o reforço de isolamento térmico em coberturas referem-se à posição do isolamento. Em coberturas inclinadas é também necessário distinguir desvão habitável (ou útil) de desvão não-habitável (não útil).

Se o desvão for habitável o isolamento térmico deve ser aplicado nas vertentes em posição superior (sobre as madres) ou em posição inferior (sob as varas). Quando o isolante é colocado sob coberturas descontínuas é necessário prever uma protecção superior em relação à água das chuvas que não crie uma barreira pára-vapor que origine condensações internas no isolamento (por exemplo, colocação de membranas microperfuradas na face exterior do isolamento ou colocação de membranas de material plástico em ambas as faces do isolamento).

Se o desvão não for habitável deve ser assegurada forte ventilação e o isolamento deve ser aplicado na esteira do tecto em posição superior ou inferior, evitando-se assim a necessidade de aquecer o desvão na estação de aquecimento e havendo um melhor desempenho na estação de arrefecimento devido à forte ventilação do desvão. A solução de isolamento sobre a esteira é preferível em relação à solução de colocação sob a esteira por esta não proteger a estrutura das variações térmicas e por ficar o isolamento mais vulnerável em relação a condensações.

Se a cobertura for em terraço, o isolamento térmico pode ser superior, intermédio ou inferior. A solução mais conveniente é a superior, com isolamento sobre a camada de forma, de preferência sobre a camada de impermeabilização, protegendo-a de grandes variações térmicas que a danificam. Esta solução é designada de cobertura invertida e exige que o isolamento seja coberto com uma protecção pesada (por exemplo, inertes) para o fixarem e protegerem da radiação ultravioleta.

Esta solução também tem óbvias vantagens em obras de reabilitação em que a camada de impermeabilização ainda esteja em bom estado, sendo possível a aplicação do isolamento (por exemplo, placas de poliestireno expandido extrudido - XPS) com mínima intervenção na cobertura.

### **5.6.3. Pavimentos**

As grandes opções de reforço do isolamento térmico de pavimentos sobre espaços exteriores ou não aquecidos referem-se, tal como no caso das coberturas, à posição do isolamento. Este pode ser inferior, intermédio (apenas em caso de pavimentos com vazios) ou superior.

As soluções de isolamento térmico inferior são mais eficientes (por estarem no lado exterior aproveitam a inércia térmica) e de mais fácil e rápida aplicação. As soluções de isolamento superior têm o inconveniente de reduzir o pé-direito.

### **5.6.4. Vãos envidraçados**

A reabilitação térmica de vãos envidraçados tem que contemplar duas vertentes: o reforço do isolamento térmico e redução das infiltrações de ar não controladas através das juntas de caixilharia (permitindo assim melhorar o desempenho na estação fria) e o reforço da protecção contra ganhos solares na estação quente, através da instalação de dispositivos de sombreamento.

As principais medidas de reabilitação a adotar nos vãos envidraçados são genericamente as seguintes:

- Reforçar o isolamento térmico, reduzindo as trocas de calor devido à diferença entre a temperatura exterior e interior (redução do coeficiente de transmissão térmica global dos vãos);
- Reduzir a permeabilidade ao ar da caixilharia de modo a minimizar as perdas de calor e o desconforto associado às correntes de ar;
- Dotar a caixilharia de mecanismos que permitam a ventilação interior;

- Controlar os ganhos solares (factor solar - g), permitindo a admissão de radiação na estação de aquecimento e limitando-a nos meses de arrefecimento através da instalação de dispositivos de sombreamento ou através da instalação de envidraçados com características de controlo solar.

O reforço do isolamento térmico dos vãos pode ser conseguido através das seguintes medidas que se apresentam por ordem de eficácia decrescente:

- Substituição total dos componentes por outros com melhor desempenho térmico (por exemplo, aplicação de caixilharia com corte térmico associada a vidros duplos);
- Substituição dos envidraçados por outros com elevado desempenho térmico (por exemplo, vidros de baixa emissividade em unidades envidraçadas múltiplas);
- Criação de janelas duplas por adição de um segundo caixilho;
- Substituição de vidros simples por duplos.

É recomendável a aplicação de protecções solares permitindo a oclusão. Em edifícios de habitação (ou seja, com ocupação nocturna importante), é conveniente a utilização de dispositivos para oclusão nocturna com características de baixa permeabilidade ao ar quando fechadas, criando um espaço de ar fracamente ventilado entre o dispositivo e a janela, diminuindo assim as perdas térmicas pelos vãos durante a noite. Também é conveniente o isolamento térmico das caixas de estores.

A diminuição de infiltrações de ar não controladas através das juntas é possível através da substituição da caixilharia por outra com melhor desempenho (o que se justifica quando esta se encontra bastante degradada) ou através das seguintes medidas:

- Afiliação dos caixilhos;
- Interposição de perfis vedantes nas juntas móveis;
- Substituição de materiais de vedação envelhecidos das juntas vidro-caixilho.

É importante referir que em paralelo com a redução de permeabilidade dos vãos é necessário ter em consideração as condições de ventilação da habitação (assegurar taxa de renovação de ar) por questões de qualidade do ar interior dos compartimentos e para haver correcta ventilação de espaços com equipamentos de combustão.

Para tal, devem ser executadas aberturas para admissão de ar nas paredes de fachada em locais onde não haja prejuízo de conforto interior, permitindo assim a entrada controlada de ar fresco.

O controlo dos ganhos solares é uma questão fundamental em termos de eficiência energética e conforto interior tanto na estação de aquecimento como na estação de arrefecimento. Em termos de reabilitação energética, os ganhos solares podem ser controlados através das seguintes medidas:

- Alteração da área das aberturas envidraçadas (pouco aconselhável devido ao nível de intervenção necessário);
- Controlo das propriedades solares-ópticas dos envidraçados: transmitância luminosa, factor solar (g – representa o quociente entre a energia solar transmitida para o interior através do

vão envidraçado e a radiação solar incidente na direcção normal ao envidraçado) ou o índice de selectividade espectral (ISE- quociente entre a transmitância luminosa e o factor solar).

- Utilização de dispositivos de sombreamento, preferencialmente pelo exterior.

Em termos de melhoria do isolamento térmico, a melhor solução de reabilitação é a substituição de vidros simples por unidades envidraçadas múltiplas (por exemplo, vidros duplos). No entanto, para reduzir os ganhos solares é necessário implementar outras soluções como a utilização de vidros de baixo factor solar e baixas transmitâncias solares. A utilização de vidros de baixa transmitância luminosa prejudica a iluminação natural interior pelo que é necessário um estudo cuidado das soluções.

Quanto às protecções solares, o tipo e grau de sombreamento vão depender da latitude do local de sombreamento, da orientação do vão e das suas dimensões. Em edifícios antigos é frequente o recurso a portadas interiores de madeira.

Sendo o objectivo a compatibilização do isolamento térmico e o controlo de ganhos solares na estação de arrefecimento, torna-se eficaz a utilização de envidraçados múltiplos associados a vidros com baixo factor solar e elevada transmitância luminosa e a dispositivos de protecção solar exterior.

Como complemento às obras de reabilitação, os utilizadores das habitações devem ser informados de medidas a adoptar no dia-a-dia que possibilitam um bom desempenho térmico das habitações tais como proceder à abertura de janelas para ventilação em períodos convenientes (períodos de temperatura exterior inferior à interior na estação de arrefecimento e o contrário na estação de aquecimento) ou proceder à oclusão dos dispositivos de protecção nos períodos nocturnos da estação de aquecimento ou em alturas de ganhos solares excessivos (por razões culturais, em Portugal, de um modo geral, os utentes activam os mecanismos de protecção à noite para obter maior privacidade).

### **5.7. Materiais isolantes térmicos [7]**

Importa, no âmbito do presente trabalho, identificar os materiais de isolamento térmico mais correntes e fazer uma breve referência às suas características.

A Directiva 89/106/CEE, Directiva do Conselho de 21 de Dezembro de 1988 relativa à aproximação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas dos Estados-membros no que respeita aos produtos de construção, modificada pela directiva 93/68/CE publicada no JO L 220 de 30/08/93, deu origem à criação de diversas normas europeias referentes aos materiais isolantes térmicos que precisam as características e classes de desempenho a definir pelos seus fabricantes, sendo o seu conhecimento obrigatório no espaço europeu para integração do material numa obra.

Estas características são: a resistência térmica (R), o coeficiente de condutibilidade térmica ( $\lambda$ ) e a classe de reacção ao fogo.

No entanto, esta definição pode ser mais abrangente, referindo-se a certificação ACERMI (“Association pour la Certification des Matériaux Isolants”) que permite uma melhor selecção exigencial de isolantes térmicos e minimiza a possibilidade de utilização de produtos mal adaptados às soluções e que podem gerar patologias.

O Quadro seguinte apresenta as exigências de desempenho que os materiais isolantes térmicos devem ter definidas segundo a certificação ACERMI. Quanto maior o valor atribuído a uma exigência, melhor o desempenho desse material nesse aspecto.

<b>Exigência de desempenho</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Níveis</b>
Resistência térmica	R	--
Compressibilidade	I	1 a 5
Estabilidade dimensional	S	1 a 4
Comportamento à água	O	1 a 3
Comportamento mecânico	L	1 a 4
Permeabilidade ao vapor de água	E	1 a 5

*Quadro 1 – Exigências constantes na certificação ACERMI [12]*

Para que o desempenho de um edifício corresponda às exigências, é necessária a compatibilização através da caracterização tecnológica e pormenorização. Como os elementos da envolvente podem ser tipificados (ver como exemplo a tipificação da certificação ACERMI [12]), definindo o nível de qualidade desejado, podemos determinar a melhor solução de isolante térmico.

Freitas e Pinto [13] adaptaram para a realidade portuguesa esta metodologia de selecção exigencial de isolantes térmicos com o objectivo de disponibilizar aos projectistas ferramentas para a realização de cadernos de encargos exigenciais, ou seja, cadernos de encargos em que não é descrito o produto preconizado mas sim as exigências que este tem que satisfazer.

Actualmente existe no mercado uma grande variedade de isolantes térmicos de partes opacas que têm diferentes formas de aplicação e podem ser classificados quanto ao modo de produção, estrutura, apresentação ou natureza das matérias-primas. Estes são identificados por diferentes siglas, sendo os mais relevantes os seguintes:

- EPS – Poliestireno expandido moldado;
- XPS – Poliestireno expandido extrudido;
- PUR – Espuma rígida de poliuretano;
- MW – Lã mineral (lã de rocha ou lã de vidro);
- ICB – Aglomerado de cortiça expandida;
- VA – Vermiculite expandida (em grânulos);
- LWA – Argila expandida (em grânulos);
- UF – Espuma de ureia-formaldeído.

Estes materiais, no que se refere às suas características e aplicabilidade, serão analisados com maior detalhe no decurso do desenvolvimento da dissertação.

## **6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

### **6.1. Bibliografia consultada**

Trata-se de bibliografia consultada e da qual se extraem partes de texto e/ou conhecimentos com interesse relevante para o conteúdo do presente trabalho:

- [1]. Lameiras, João Pupo Correia Salgado. Contributo para a Elaboração de um Manual de Apoio à Reabilitação de Edifícios das Décadas de 60, 70 e 80. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, Porto, 2010;
- [2] Abalada, Vitor Hugo Marques. Aplicação de Sistemas de Isolamento Térmico pelo Exterior (ETICS). Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialidade de Construções, FCTUC, Coimbra, 2008;
- [3] Direção Geral de Geologia e Energia. Reabilitação Energética da Envolvente de Edifícios Residenciais; DGGE/ IP-3E; Lisboa, 2004;
- [4] Valentim, Nuno. Projeto, Património Arquitectónico e Regulamentação Contemporânea. Sobre Práticas de Reabilitação no Edificado Corrente. Tese de Doutoramento, FAUP, Porto 2016;
- [5] Instituto Nacional de Estatística, I.P. (INE) e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I.P. (LNEC). O Parque Habitacional e a sua Reabilitação. Análise e Evolução 2001-2011, Edição 2013;
- [6] Gutierrez, Valter Nuno dos Santos. Reabilitação Térmica e Acústica de Edifícios Antigos. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Área de Especialização de Edificações, ISEL, Lisboa 2015;
- [7] Araújo, Ana Isabel Esteves. A Regulamentação Térmica e Acústica e sua Aplicabilidade em Edifícios a Reabilitar no Centro Histórico do Porto - Estudo de Caso. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialização em Construções, FEUP, Porto, 2008;
- [8] Instituto da Soldadura e Qualidade. Regulamentação Energética em Edifícios. In *Térmica dos Edifícios* (páginas 423-438), Instituto da Soldadura e Qualidade, Lisboa, 1996;
- [9] Filipe, Rui Jorge Cepa. Influência da Execução de Paredes Exteriores não Estruturais em Alvenaria, na Extremidade de Lajes em Consola, no Dimensionamento de Lajes de Betão Armado. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, Porto, 2009;
- [10] Vicente, Romeu. Patologia das Paredes de Fachada. Estudo do Comportamento Mecânico das Paredes de Fachada com Correção Exterior das Pontes Térmicas. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FCTUC, Coimbra, 2002;

- [11] Freitas, Vasco Peixoto. Isolamento Térmico de Fachadas pelo Exterior – ETICS. Maxit, Porto, 2002;
- [12] ACERMI - Association pour la CERTification des Matériaux Isolants. <http://www.acermi.com>.
- [13] Freitas, Vasco Peixoto de; Pinto, Manuel. Metodologia para a Selecção Exigencial de Isolantes Térmicos – Nota de Informação Técnica – NIT001. LFC (FEUP), Porto, 2000.

## 6.2. Legislação consultada

Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de Agosto. Aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS);

Decreto-Lei n.º 53/2014, de 8 de Abril. Regime Excecional para a Reabilitação Urbana .Estabelece um regime excecional e temporário aplicável à reabilitação de edifícios;

Decreto-Lei n.º 68-A/2015, de 30 de Abril. Estabelece disposições em matéria de eficiência energética e cogeração e procede à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 118/2013;

Decreto-Lei n.º 194/2015, de 14 de Setembro. Procede à segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto e à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 53/2014, de 8 de Abril;

Decreto-Lei n.º 251/2015, de 25 de Novembro. Procede à terceira alteração ao Decreto-Lei n.º 118/2013;

Decreto-Lei n.º 28/2016, de 23 de Junho. Procede à quarta alteração ao Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto.

## 6.3. Outras referências bibliográficas

Trata-se de bibliografia potencialmente relevante para o desenvolvimento do tema apresentado e que será consultada e analisada no decurso do desenvolvimento da dissertação:

Falorca, J. G. Furtado. Modelo para Plano de Inspeção e Manutenção em Edifícios Correntes. Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2004;

Lucas, J. A. Carvalho. Classificação e Descrição Geral de Revestimentos para Paredes de Alvenaria ou Betão”. ICT Informação Técnica Edifícios - ITE 24. LNEC. Lisboa, 1990;

Lucas, J. A. Carvalho. Exigências Funcionais de Revestimentos de Paredes. ICT Informação Técnica Edifícios - ITE 25. LNEC. Lisboa, 1990;

Paiva, José A. Vasconcelos. Medidas de Reabilitação Energética em Edifícios. Comunicação apresentada ao Workshop “Reabilitação energética de edifícios em zonas urbanas: O caso da habitação social”, Lisboa, 2000;

Silva, J.A.R. Mendes da; Torres, Maria Isabel M; Carvalhal, Mário J.T. Envelhecimento Natural e Patologia de Revestimentos Delgados Armados Sobre Isolamento Térmico, em

- Paredes de Fachadas. 2.º Simpósio Internacional sobre Patologia, Durabilidade e Reabilitação de Edifícios, LNEC, Lisboa, 2003;
- Silva, J.A.R. Mendes da; Carvalhal, Mário J.T. Reabilitação Geral de Fachadas de Alvenaria de Construção Recente, Gravemente Fissurada, Caso de Estudo. 3.º ENCORE, LNEC, Lisboa, 2003;
- Veiga, M. Rosário. Sistemas de Isolamento Térmico pelo Exterior (ETICS). *Arquitectura e Vida*, pp.70-75. Lisboa, 2001.