



# Reabilitação Térmica de Edifícios



*Francisco Henriques  
Agosto 2007*

## Índice

### 1. Introdução

#### 1.1 . Enquadramento

#### 1.2. Princípios e requisitos para a reabilitação térmica de edifícios

### 2. Soluções construtivas

#### Reabilitação Térmica de Paredes Exteriores

##### Aplicação do Isolamento Térmico pelo Exterior do Edifício

a – Revestimentos independentes descontínuos com interposição de um isolante térmico na caixa de ar

b – Sistemas ETICS

b1 – Sistema com revestimento espesso

b2 - Sistema com revestimento delgado

c – Rebocos isolantes

##### Aplicação do Isolamento Térmico pelo Interior do Edifício

a – Painéis isolantes pré-fabricados

b – Contra-fachada executada pelo lado interior

##### Aplicação do Isolamento Térmico na Caixa de Ar de Paredes Duplas

#### 2.2. Reabilitação Térmica de Pavimentos

#### 2.3. Reabilitação Térmica de Coberturas

a – Coberturas inclinadas

b – Coberturas horizontais

#### 2.4. Reabilitação Térmica de Vãos Envidraçados

#### 2.5. Controlo das Entradas de Ar

#### 2.6. Instalação de Painéis Solares Térmicos

### Bibliografia

## 1. Introdução

### 1.1. Enquadramento

A construção civil é um dos sectores da actividade humana que mais pressão exerce sobre os recursos do planeta. Segundo a Agenda 21 para a Construção Sustentável, redigida pela Internacional Council for Research and Innovation in Building and Construction, nos países industrializados a construção consome cerca de 50% dos recursos naturais, produz 50% dos resíduos, absorve 40% da energia, e produz cerca de 30% das emissões de CO<sub>2</sub>. A enormidade destes números demonstra a necessidade da aplicação dos princípios do desenvolvimento sustentável também ao ciclo global da construção. Desde a extracção e beneficiação de inertes e matérias primas, até ao projecto, planeamento e construção de edifícios e infra-estruturas, todas as etapas da construção civil têm de ser repensadas na óptica da minimização dos impactes, da economia de recursos e da eficiência energética. Nesta perspectiva, a reabilitação e reutilização de edifícios constitui uma vertente essencial para conferir maior sustentabilidade ao sector da construção. Reabilitar edifícios possibilita reduzir o impacto na produção de energia, reduzir a extracção de matérias primas para a produção de materiais de construção, reduzir a necessidade de transportes de materiais. Em Portugal, todavia, ao contrário do que acontece na generalidade dos países da Europa, esta não é ainda a opção seguida. Apesar de o parque urbano de Portugal estar sobrelotado, evidenciando-se assim a necessidade de reabilitar edifícios como prioridade em relação à construção nova, reabilitar constitui apenas 10% do mercado da construção, enquanto na União Europeia atinge os 40%.

### 1.2. Princípios e requisitos para a reabilitação térmica de edifícios

Com o preço da energia a disparar para níveis cada vez mais elevados, e, as notícias sobre as evoluções climáticas a serem cada vez mais alarmantes, a Europa propôs-se implementar um sistema de eficiência energética através o qual pretende simultaneamente reduzir a sua dependência dos combustíveis fósseis e diminuir a

emissões de carbono para a atmosfera. Um dos sectores em que se propôs intervir para alcançar estes objectivos, é na construção civil. Pretende melhorar a eficiência energética dos edifícios a construir e reabilitar, quer se trate de edifícios de habitação, quer de serviços. Com este objectivo foi publicada em 2003 a Directiva Comunitária n.º 2002/91/CE, que obriga os estados membros a melhorar o desempenho energético destas construções, ao nível do conforto térmico e do consumo de águas quentes. Esta directiva foi transposta para a legislação portuguesa através do decreto-lei 80/2006 de 4 de Abril.

Em Portugal, com o recurso cada vez maior a equipamentos de ar condicionado, os edifícios tornaram-se, nos últimos anos, nos maiores consumidores de electricidade do país, e é neles que se coloca o maior desafio para o aumento da eficiência energética.

Segundo fontes relacionadas com a construção civil, actualmente são instalados 100 000<sup>1</sup> novos equipamentos de ar condicionado por ano, o que deu lugar a um aumento do consumo de electricidade para controlo do ambiente interior, muito superior à média nacional.

Com as novas regras de construção pretende-se reduzir o consumo energético dos edifícios entre 30 e 70 por cento. Tal como já acontecia com o anterior regulamento, os novos edifícios ou os edifícios em processo de reabilitação têm de ser integralmente revestidos com material isolante térmico, mas agora, as pontes térmicas, isto é, a zona de vigas e pilares, tem também de ser revestida. As paredes e pavimentos em contacto com zonas não aquecidas, como garagens e arrecadações, passam também a ter de ser isolados. As portas e janelas, passam a ser certificadas, tendo para isso de conter um selo que ateste a sua classe de eficiência. A renovação do ar no interior dos edifícios tem de ser controlada através de um sistema de grelhas, para que se evite as perdas térmicas através do excesso de ventilação. Passa também, obrigatoriamente, a ter de se instalar painéis solares para a produção de águas quentes sanitária, desde que a cobertura tenha uma vertente virada a Sul. Isto é, em pelo menos metade destes edifícios vão ter de ser instalados, obrigatoriamente, painéis solares.

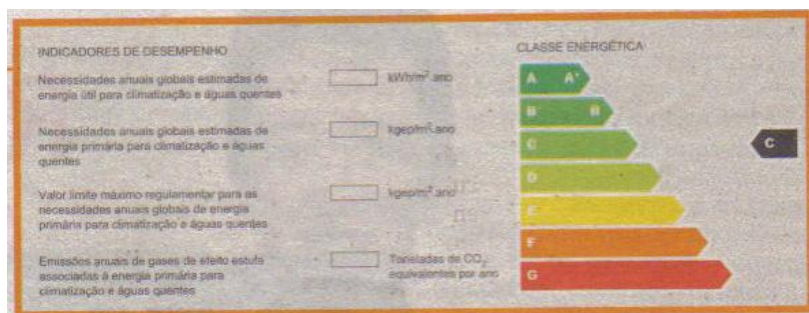
A aprovação dos novos projectos de conforto térmico passará para a responsabilidades de entidades autónomas, onde serão verificados por peritos. A execução do projecto de conforto térmico, será posteriormente alvo de fiscalização e peritagem em obra.

---

<sup>1</sup> Este número foi adiantado pela Saint Gobain em conferência sobre eficiência energética de edifícios realizada no ISEL em Abril de 2007

As características da eficiência energética de cada edifício, ou de cada fracção autónoma, passará a ser expressa através de um sistema de etiquetagem, semelhante à dos electrodomésticos, no qual é mencionada a classe de eficiência, o valor do consumo anual de energia, e a respectiva emissão de carbono. E se o valor previsto para o consumo de energia for ultrapassado, prevê-se que a conta de electricidade possa ser bastante agravada.

Este sistema de certificação energética



dos edifícios já está em vigor em alguns países da Europa, onde muitos empreendimentos imobiliários já estão credenciados como *Edifícios Verdes* e *Carbono Zero*. Além de elevados níveis de conforto e de qualidade ambiental, apresentam baixos consumos de energia, incorporação de energias renováveis e redução de consumos de água.

Entre nós o sistema de certificação irá entrar em vigor, de forma faseada, até 2009. Actualmente estão a ser formados os peritos para realizar este trabalho. Duzentos peritos já estão qualificados; prevê-se que sejam necessários cerca de 2000 para cobrir as necessidades do país. Desde 1 de Julho de 2007 a certificação tornou-se obrigatória para grandes edifícios (área superior a 1000 m<sup>2</sup>) cuja construção seja licenciada a partir dessa data. A partir de 1 de Julho de 2008 a certificação passa a ser obrigatória também para os edifícios novos mais pequenos com construção aprovada a partir dessa data. A partir de 1 de Janeiro de 2009 a certificação energética será obrigatória para os edifícios já existentes que sejam vendidos ou arrendados a partir dessa data.

Neste trabalho estudamos as soluções a adoptar para a reabilitação térmica integral de edifícios. O estudo visa não apenas encontrar elementos para aplicação voluntária em pequenas reabilitações, mas sobretudo fornecer soluções que possam ser aplicadas em obras submetidas a peritagem com vista à obtenção de certificação energética. Para isso são tratados todos os elementos condicionantes da obtenção do conforto térmico dos edifícios a reabilitar, nomeadamente as paredes, pavimentos, cobertura, envidraçados e entradas de ar. É estudada também a integração de painéis solares térmicos.

## 2. Soluções Construtivas

Reconstruir e reabilitar não é mais caro do que construir de raiz, e, pode até ser bastante mais barato, conforme o estado do edifício e o reaproveitamento que se consiga fazer dos materiais que o constituem. O objectivo da reabilitação é aumentar o ciclo de vida do edifício e simultaneamente dotá-lo de maior adaptabilidade às funções a que está destinado. A reabilitação não só requalifica e reutiliza um espaço, como também possibilita um menor consumo de materiais e energia, relativamente á construção de raiz. Para além disso, reabilitar é preservar as marcas históricas e culturais de um espaço, resultando daí a sua valorização social e económica.

Para a elaboração de um projecto de reabilitação, é necessário antes de mais realizar um diagnóstico aprofundado do estado de conservação do edifício em causa. Interessa avaliar as anomalias existentes, identificar as suas causas, definir todos os aspectos em que é necessário intervir, a avaliar tudo aquilo que pode ser reaproveitado.

Do ponto de vista arquitectónico, importará ainda perceber a realidade a que pertenceu em termos urbanísticos.

Dentro da reabilitação geral do edifício, interessa encontrar soluções para a sua reabilitação térmica. A medidas a adoptar têm de satisfazer os seguintes requisitos:

- Reforço da protecção térmica conferida pela envolvente dos edifícios (paredes, cobertura, pavimentos) e a sua compatibilização com o aproveitamento passivo da iluminação natural;
- Reforço do isolamento térmico dos vãos envidraçados, dotando-os com vidros apropriados e protecções solares, de forma a adequar os ganhos térmicos às necessidades de aquecimento e de arrefecimento;
- Controlo das infiltrações de ar;
- Recurso a tecnologias solares passivas e activas, nomeadamente a possibilidade de maximizar o aproveitamento de energias renováveis para Águas Quentes Sanitárias, reforço do aquecimento central, ou fornecimento de energia eléctrica.

A eficiência energética do edifício pode ser complementada com a melhoria da eficiência dos sistemas e equipamentos energéticos, nomeadamente a lâmpadas de baixo consumo e a equipamentos de Classe A.

## 2.1. Reabilitação Térmica de Paredes Exteriores

Uma parede em alvenaria de pedra de grande espessura, ou uma parede de fachada em alvenaria de tijolo, não têm condições para cumprir o coeficiente de transmissão térmica superficial máximo, estipulado no Quadro IX.1 e no Quadro IX.2 do Anexo IX do decreto-lei 80/2005, qualquer que seja a região do país considerada. Ainda que o valor obtido para  $U$  esteja dentro dos valores admissíveis, a sua aproximação aos valores máximos irá forçar a que sejam encontradas soluções mais exigentes para os outros parâmetros dos quais depende a eficiência térmica da fracção autónoma, tornando irracional e anti-económica a solução global. Assim, a promoção do conforto térmico, traduzido num controlo mais eficiente da temperatura ambiente interior, irá traduzir-se na necessidade de melhorar o isolamento da envolvente exterior dos edifícios. O isolamento térmico, por um lado, não irá deixar escapar a temperatura atingida no interior do edifício durante a estação de aquecimento, e por outro, irá impedir que a temperatura exterior penetre no interior, protegendo-o. O isolamento tanto reduz as perdas de calor como mantém as superfícies internas a uma temperatura superior à que teria se não fosse isolada. O reforço do isolamento das paredes exteriores pode ser alcançado por 3 vias:

- Pelo exterior do edifício;
- Pelo interior do edifício;
- Na caixa de ar (no caso de paredes duplas).

Quando as paredes são constituídas por um único pano, o isolamento tanto pode ser aplicado pelo exterior como pelo interior, dependendo a escolha da especificidade do caso a tratar. No caso de o paramento exterior ter de ser mantido, por motivos de ordem arquitectónica, ou outra, o reforço apenas é viável pelo interior. Caso estes condicionantes não existam, ou ainda quando as áreas interiores sejam demasiado pequenas, a solução mais indicada, será aplicar o reforço térmico pelo exterior. Caso ainda o paramento exterior se apresente degradado, a solução mais aconselhável será mesmo aproveitar a aplicação do isolamento térmico como adjuvante para a requalificação da fachada.

### 2.1.1. Aplicação do Isolamento Térmico pelo Exterior do Edifício

A aplicação do isolamento térmico pelo exterior, quando esta solução é possível, apresenta sempre vantagens relativamente à aplicação pelo interior, nomeadamente no que diz respeito à eliminação das pontes térmicas e à preservação da inércia térmica interior do edifício para funcionar como acumulador térmico. Os materiais compactos, como as paredes de elevada espessura, com grande inércia térmica, têm grande capacidade de armazenamento térmico, quer a energia absorvida provenha da radiação solar, quer



Revestimento independente descontínuo com interposição de isolante térmico na caixa de ar, imagem do Guia técnico da Reabilitação Habitacional, pág. 431.

de outra fonte de aquecimento. O aproveitamento desta característica dos materiais é de grande relevância: no Inverno absorvem e armazenam calor, libertando-o mais tarde para o interior do espaço, aquecendo-o de forma natural; no Verão, a inércia térmica, retarda o sobreaquecimento interior, ao dificultar a entrada da radiação solar. A aplicação do isolamento térmico pelo exterior apresenta ainda outras vantagens, como a melhoria da parede à penetração da chuva, a minimização dos riscos de incêndio e de toxicidade, ou a possibilidade de ocupação humana do edifício durante o decorrer das obras. Tem no entanto custos mais elevados, pode apresentar inconvenientes de carácter arquitectónico, e apresenta maiores riscos de vandalismo. Existem várias soluções possíveis para a aplicação do isolamento térmico pelo exterior:

Localização do Isolamento	Tipos de Soluções	
Exterior	Revestimentos não-isolantes independentes (com interposição de um isolante térmico na caixa de ar)	Revestimentos independentes descontínuos (elementos fixados mecanicamente)
		Revestimentos independentes contínuos de ligantes minerais armados (rebocos armados e desligado do suporte)
	Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior com revestimento sobre isolante	Revestimentos espessos de ligantes minerais armados (rebocos armados), sobre isolante
		Revestimentos delgados de ligantes sintéticos ou mistos, armados sobre isolante
	Revestimentos isolantes	Revestimentos pré-fabricados isolantes descontínuos de fachadas (Vetures)
		Rebocos isolantes
Revestimentos de espuma isolante projectada		

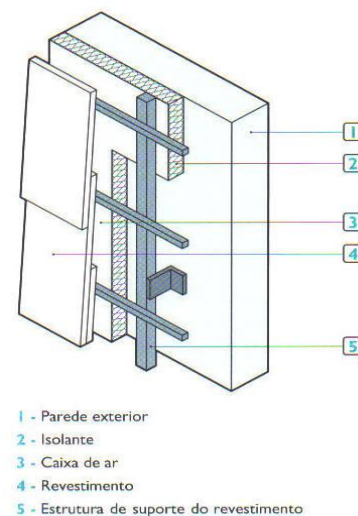
(a partir do Guia Técnico de Reabilitação Habitacional, Volume 2, Quadro 47, pág. 429)



As soluções mais utilizadas de isolamento térmico pelo exterior, são no entanto de dois tipos:

**a – Revestimentos independentes descontínuos com interposição de um isolante térmico na caixa de ar.**

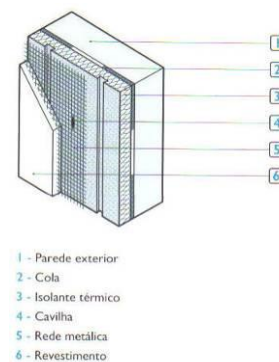
Consistem na colocação de uma camada de isolante fixada à parede através de uma estrutura de suporte metálica ou em madeira, formada por montantes e travessas, sobre a qual é colocado um revestimento independente constituído por elementos descontínuos (placas de pedra, placas de fibrocimento, metálicas, ou em material plástico), que protegem o isolamento térmico da acção da chuva. Quando a estrutura de suporte é em madeira, esta deve ser devidamente tratada contra o ataque por agentes biológicos. Entre o revestimento e o isolante, deve ser criada uma caixa de ar fortemente ventilada de pelos menos 20 mm, que dificulte o contacto deste com a água, preservando assim as suas características térmicas. Em qualquer caso deve-se procurar sempre minimizar as possibilidades de infiltração de água. Para isso deve prestar-se o maior cuidado à protecção e recobrimento dos topos superiores, laterais e inferiores do sistema. Deve também dar-se atenção às ligações com peitoris, enquadramento com vãos e com outros elementos salientes, tendo o cuidado de executar juntas estanques. Estes cuidados são válidos também por motivos estéticos.



Revestimento independente descontínuo com interposição de isolante térmico na caixa de ar, imagem do Guia técnico da Reabilitação Habitacional, pág. 431.

**b – Sistemas ETICS**

São soluções não-tradicionais constituídas por placas de isolante térmico em que numa das faces é aplicado um revestimento contínuo armado. As placas são fixadas à parede por colagem, por fixação mecânica, ou por ambos os processos. Os sistemas ETICS podem ser de dois tipos, os quais se distinguem pela espessura do revestimento exterior:

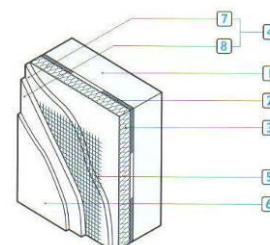


Isolante térmico com revestimento espesso, imagem do Guia técnico da Reabilitação Habitacional, pág. 433.

**b1 – Sistema com revestimento espesso**, no qual são utilizadas normalmente como isolante térmico, placas de lã mineral ou de poliestireno expandido moldado, sobre as quais é aplicado um revestimento armado com malha metálica ou fibra de vidro.

**b2 - Sistema com revestimento delgado**, no qual são utilizadas como isolante sobretudo placas de poliestireno expandido, sobre as quais é moldado um revestimento de ligante sintético ou misto, armado com rede de fibra de vidro. Caso se pretenda usar um isolante de origem natural, por motivos de minimização do impacto ambiental, pode recorrer-se à cortiça, um material de baixa condutibilidade térmica, que deriva da cortiça, uma matéria prima totalmente natural e renovável.

A rede usada, destina-se a conferir resistência mecânica ao sistema. Esta deve ser tratada contra o ataque dos álcalis do cimento, ser em malha quadrada de 4 mm x 4 mm, e ter massa de 150 a 200 g/m<sup>2</sup>. Quando os ETICS são usados em locais acessíveis, como é o caso de paredes de pisos térreos, podem ser reforçados com uma rede adicional, por forma a resistirem a acções mecânicas mais severas. Há que ter algum cuidado com os procedimentos de execução destes sistemas, nomeadamente com limpeza dos paramentos onde são aplicados, para eliminação de microorganismos vegetais e poeira; com a colagem sobre as paredes, de placas de poliestireno expandido; com a ligação dos bordos laterais de faixas contíguas (devendo sobrepor a rede numa largura mínima de 10 cm); com a aplicação de cantoneiras nos cantos do sistema. Há que ter em conta também que as placas devem ser posicionadas com as juntas verticais desencontradas.



- 1 - Parede exterior
- 2 - Cola
- 3 - Isolante térmico
- 4 - Camada de base do revestimento
- 5 - Rede de fibra de vidro
- 6 - Camada do acabamento do revestimento
- 7 - 1ª demão de camada de base do revestimento
- 8 - 2ª demão de camada de base do revestimento

Isolante térmico com revestimento delgado, imagem do Guia técnico da Reabilitação Habitacional, pág. 433.

### c – Rebocos isolantes.

São constituídos por argamassas que incorporam grânulos de um isolante térmico, com vista a reduzir a sua condutibilidade térmica. Os grânulos devem ser de muito pequeno diâmetro. Considerando a espessura normal dos rebocos exteriores, a sua condutibilidade térmica não pode de modo nenhum ser comparada com a dos isolantes térmicos. Com a aplicação do decreto-lei 80/2005, este recurso não pode por si só ser

considerado como solução para a reabilitação térmica de paredes, sem dispensar a adopção de outras medidas complementares

### 2.1.2. Aplicação do Isolamento Térmico pelo Interior do Edifício

É uma solução versátil, menos dispendiosa e mais fácil de executar. Em edifícios constituídos por fracções autónomas, tem o conveniente de possibilitar a reabilitação térmica de cada fracção em separado. Tem o inconveniente de não corrigir as pontes térmicas lineares correspondentes aos topos das lajes de pavimento e de esteira. Quando se vai intervir também na fachada exterior, é de toda a conveniência para a protecção do isolamento térmico interior, utilizar um reboco à base de cal aérea hidrófuga. A utilização deste tipo de cal, possibilita a ausência de fissuras nos rebocos e a obtenção de um elevado grau de impermeabilidade do revestimento à acção da chuva, garantindo no entanto a permeabilidade ao vapor, e consequentemente a diminuição do risco de condensações interiores. Trata-se pois de uma medida complementar capaz de oferecer algumas garantias de que a resistência térmica da envolvente do edifício não irá diminuir com o tempo. Existem várias soluções possíveis para a aplicação do isolamento térmico pelo interior:

Localização do Isolamento	Tipos de Soluções	
Interior	Painéis isolantes pré-fabricados (em geral com altura de andar) fixados contra a parede	
	Contra-fachadas	Com caixa de ar simples
		Com interposição de um isolante térmico e sem caixa de ar
		Com interposição de um isolante térmico e com caixa de ar
Revestimentos reflectores (usados atrás de radiadores)		

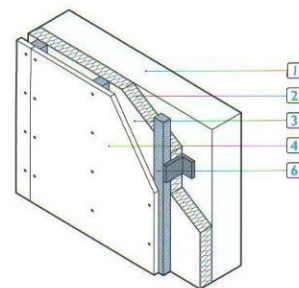
(a partir do Guia Técnico de Reabilitação Habitacional, Volume 2, Quadro 47, pág. 429)

As soluções de isolamento térmico pelo interior aplicáveis em superfícies correntes, correspondem no entanto aos dois primeiros tipos:

#### **a – Painéis Isolantes pré-fabricados**

São painéis com a altura do pé direito livre dos compartimentos, constituídos por placas de poliestireno revestidas com um paramento de gesso cartonado. Os painéis podem ser colados directamente ao paramento a reabilitar, ou ser fixados através de uma estrutura

de apoio. Neste caso será criada uma caixa de ar intermédia. Quando a estrutura é de madeira, esta deverá ser devidamente tratada contra a proliferação de agentes biológicos, à semelhança do que já se disse para as soluções de isolamento térmico pelo exterior.



B - Contra-fachada de gesso cartonado

- 1 - Parede exterior
- 2 - Isolante
- 3 - Caixa de ar
- 4 - Contra-fachada
- 5 - Revestimento interior
- 6 - Estrutura de suporte da contra-fachada

Contra-fachada em gesso cartonado, imagem do Guia técnico da Reabilitação Habitacional, pág. 437.

### **b – Contra-fachada executada pelo lado interior**

Consiste na construção de um pano de alvenaria de espessura reduzida, ou de um forro em placas de gesso cartonado, pelo lado interior da parede, incorporando um isolante térmico entre os dois elementos. Ambas as soluções reduzem a área útil dos compartimentos; a solução em placas de gesso apresenta a vantagem de ser a menos má de entre as duas. Em caso de risco de infiltração de água, deve ser deixada uma caixa de ar entre o isolante térmico e a parede preexistente.

Nas contra-fachadas em alvenaria, o tijolo usual é o 30 x 20 x 7. Se for criada caixa de ar, esta deve ter caleira com inclinação mínima de 2% e ser provida de sistema de drenagem para o exterior.

Quanto às contra-fachadas em gesso cartonado, as placas de isolante devem ser coladas ao paramento da parede a tratar, criando posteriormente uma estrutura em madeira com régua verticais espaçadas entre si de aproximadamente 60 cm, e duas travessas, uma em cima e outra em baixo. Esta estrutura deverá ser devidamente fixada à parede. As placas em gesso cartonado são por sua vez fixadas à estrutura em madeira através de aparafusamento. As placas devem ter espessura mínima de 12,5 mm.

Em ambos os casos, há que prestar especial cuidado às singularidades, nomeadamente as ligações com peitoris e remates com vãos de janelas e portas.

### 2.1.3. Aplicação do Isolamento Térmico na Caixa de Ar de Paredes

#### Duplas

Esta solução é aplicável exclusivamente a edifícios em que as paredes exteriores sejam constituídas por dois panos. O reforço do isolamento térmico por preenchimento da caixa de ar é, nestes casos, a solução mais económica e mais simples de executar. Para a

sua concretização, basta abrir furos de injeção. Considerando as características hidrófilas dos isolantes, há que prestar a devida atenção ao estado de conservação do paramento exterior, tratando de impedir o contacto do isolante com a humidade, a fim de não afectar a sua condutibilidade térmica. Os isolantes não devem ser susceptíveis a assentamentos ao longo do tempo, nem ser sensíveis a sofrer alterações. As soluções disponíveis são apresentadas no quadro abaixo:

Localização do Isolamento	Tipos de Soluções	
Na caixa de ar (em paredes duplas)	Injecção de produtos isolantes a granel	Fibras ou flocos
		Grânulos de material isolante
	Injecção de espumas isolantes	Espuma rígida de poliuretano
		Espuma de ureia-formaldeído

(a partir do Guia Técnico de Reabilitação Habitacional, Volume 2, Quadro 47, pág. 429)

A fim de evitar pontes térmicas, o isolante tem de preencher totalmente a caixa de ar. O *Guia Técnico da Reabilitação*<sup>2</sup> chama a atenção para o deficiente comportamento da espuma de ureia-formaldeído, do ponto de vista higroscópico, da estabilidade dimensional, e da estabilidade química, e alerta para os problemas que daí podem advir, inclusive para a saúde dos ocupantes, dado libertar uma substância nociva.

## 2.2. Reabilitação Térmica de Pavimentos

Os pavimentos a reabilitar termicamente podem localizar-se sobre espaços exteriores; sobre espaços interiores não aquecidos, nomeadamente garagens, arrecadações, armazéns, varandas, ou marquises fechadas; sobre espaços não aquecidos e não ventilados, como caixas de ar sobre o terreno; ou podem ser pisos térreos. Tal como os restantes elementos opacos da envolvente, têm de respeitar os coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis expressos no quadro IX.1 do Anexo IX do RCCTE. Têm de ser verificadas também as perdas pelas zonas do vigaamento, se existir, não podendo o valor máximo de U exceder o máximo do referido quadro, nem ser superior ao dobro dos elementos homólogos. Isso significa que, não apenas os pavimentos dos edifícios a reabilitar têm de ser alvo de medidas que promovam a melhoria do seu desempenho térmico para níveis regulamentares, como a solução a promover tem de enquadrar também a zona das vigas. Para pavimentos térreos em contacto com o terreno, são contabilizadas perdas térmicas lineares perimetrais. Para

<sup>2</sup> *Guia Técnico de Reabilitação Habitacional*, Volume 2, INH, LNEC, pág. 439

minimizar essas perdas, toda a zona da envolvente do pavimento deve ser isolada numa faixa de 1,5 metros de largura, em todo o perímetro da construção. Para os pavimentos sobre espaços interiores não aquecidos, interessa conhecer a relação entre a área do elemento que separa o espaço interior aquecido, do espaço não aquecido, bem como a área que separa este espaço do ambiente exterior. Desta relação obtém-se o coeficiente  $\tau$ , através da tabela IV.1 do decreto-lei 80/2005, que será tanto mais elevado quanto as condições se aproximam do ambiente exterior. Assim, o facto de um pavimento estar em contacto com um espaço interior não aquecido, pode proporcionar ganhos térmicos, mas não o isenta da necessidade de reabilitação térmica. Para  $\tau = 1$ , o espaço é fortemente ventilado e é como se o pavimento estivesse sobre um espaço exterior, sem que daí sejam retiradas quaisquer vantagens. O reforço do isolamento térmico de pavimentos pode fazer-se mediante três opções distintas, que se caracterizam pela localização do material isolante a aplicar:

- Isolamento térmico aplicado na face inferior;
- Isolamento térmico intermédio (limitado ao caso de pavimentos com vazios);
- Isolamento térmico aplicado na face superior.

O ITE 50 do LNEC, apresenta entre as páginas II.27 e II.57, um conjunto diversificado de soluções, com diversos tipos de materiais isolantes, espessuras, e localização do material. O quadro seguinte faz um resumo desses diversos tipos e soluções.

Localização do isolamento térmico	TIPOS DE SOLUÇÕES	
Face Inferior	Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior com revestimento sobre isolante	Revestimentos espessos de ligantes minerais (rebocos armados), sobre isolante
		Revestimentos delgados de ligantes sintéticos, ou mistos, aramados, sobre isolante
	Revestimentos isolantes	Vetures
		Rebocos isolantes
		Revestimentos de espuma isolante projectada (vocacionados para locais em que o aspecto estático não é relevante)
	Tectos-falsos	Tectos-falsos isolantes
Tectos-falsos suportando uma camada de isolante térmico		
Face Superior	Camada isolante de betão leve entre o pavimento resistente e o revestimento de piso	
	Camada de isolante térmico entre o pavimento resistente e um piso flutuante	
Intermédio	Preenchimento dos vazios entre vigotas de pavimentos de madeira com um isolante térmico (massas de lã mineral ou um isolante a granel)	

(a partir do Guia Técnico de Reabilitação Habitacional, Volume 2, Quadro 49, pág. 440)

### 2.3. Reabilitação Térmica de Coberturas

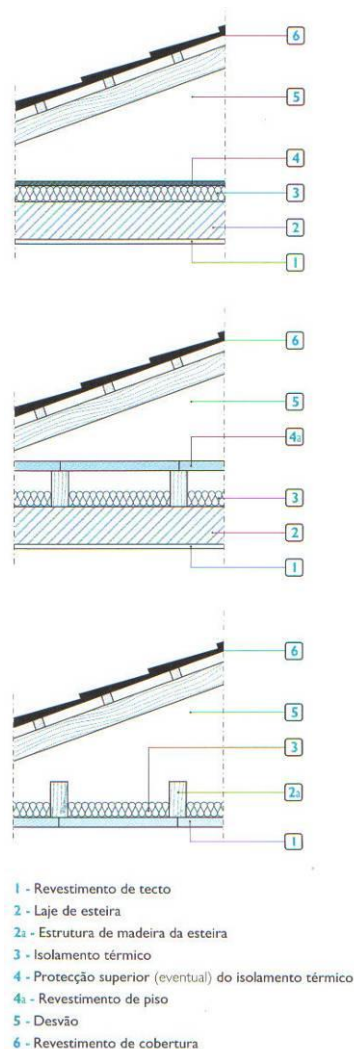
A cobertura é a parte dos edifícios sujeita a maiores flutuações térmicas. Está por isso entre os elementos da envolvente que mais condicionam o desempenho térmico dos edifícios. Enquanto no Verão é necessário evitar o sobreaquecimento das coberturas e a transmissão de calor ao interior, no Inverno é necessário evitar as fugas de calor para o exterior. As coberturas podem ser inclinadas ou horizontais. Qualquer que seja o seu tipo, é possível encontrar soluções de reabilitação térmica.

#### **a – Coberturas inclinadas**

O reforço do isolamento térmico deste tipo de coberturas pode fazer-se segundo quatro opções possíveis:

- Isolamento aplicado na face superior da esteira do tecto;
- Isolamento aplicado na face inferior da esteira do tecto;
- Isolamento aplicado nas vertentes da cobertura, em posição superior;
- Isolamento aplicado nas vertentes da cobertura, em posição inferior.

Estas soluções são apresentadas no ITE 50 do LNEC, entre as páginas II.54 e II.97. A solução mais económica é aplicar o material isolante sobre a esteira horizontal, por ser de mais fácil execução e possibilitar a maximização do aproveitamento do material. Se o desvão for acessível convém protegê-lo com uma betonilha. Dado que o desvão não necessita de ser aquecido na estação fria, esta é a solução que possibilita também maior economia energética.



Cobertura inclinada com desvão não-habitável, imagem do *Guia Técnico da Reabilitação Habitacional*, pág. 442.

A aplicação do isolamento térmico na face inferior da esteira, apresenta a desvantagem de não proteger a estrutura contra as variações térmicas, bem como de favorecer as condensações internas.

As soluções de aplicação do material isolante nas vertentes, devem ser reservadas aos casos em que o desvão seja habitável. Nessas condições, quando o isolante é aplicado imediatamente sob o revestimento da cobertura, há que prevenir a penetração da água da chuva através das juntas entre telhas. Para isso deve proteger-se superiormente o isolante com uma membrana pára-vapor, a qual impeça a passagem da água no estado líquido, mas não provoque condensações internas.

O quadro seguinte sistematiza as soluções de isolamento térmico para coberturas inclinadas:

Localização do isolamento térmico		Tipos de Soluções		
Coberturas Inclinadas	Na esteira horizontal	Superior	Mantas de Material isolante	
			Placas de material isolante	
			Material isolante a granel	Fibras ou flocos Grânulos de material isolante
		Inferior	Revestimentos isolantes	Revestimentos descontínuos (placas fixadas mecanicamente ou coladas)
			Tectos-falsos	Tecto-falso isolante
				Tecto-falso suportando uma camada de isolante térmico
	Nas vertentes	Superior	Painéis isolantes especiais (integrando varas, forro inferior e isolante térmico)	
			Mantas de material isolante (sobre laje inclinada)	
			Placas de material isolante (sobre laje inclinada)	
		Inferior	Mantas de material isolante (recobertas eventualmente com um forro inferior)	Fixadas contra as varas da cobertura
				Fixadas contra réguas dispostas sob as varas e ao longo destas
				Cruzadas em duas camadas, com interposição de réguas normais às varas
				Fixadas contra laje inclinada
			Placas de material isolante	Fixadas contra as varas da cobertura Fixadas contra a laje inclinada
Projecção de espumas isolantes				
Soluções reflectantes (apenas aplicadas a situações de Verão)				



### b – Coberturas horizontais

O reforço do isolamento térmico deste tipo de coberturas pode ser conseguido através de três opções possíveis, que se distinguem pela localização do material isolante:

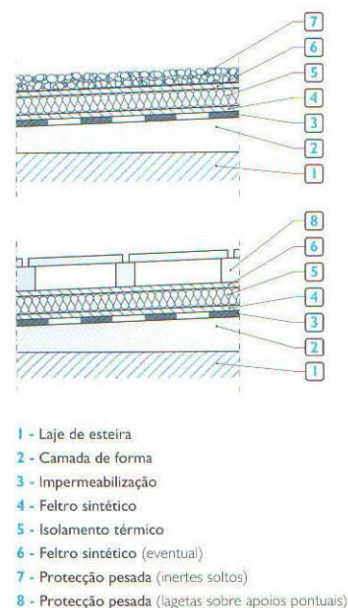
- Isolamento térmico aplicado na face superior;
- Isolamento térmico intermédio;
- Isolamento térmico aplicado na face inferior;

O ITE 50 apresenta dados sobre este tipo de coberturas entre as Páginas II.58 e II.73. A solução mais prática é aplicar o isolamento térmico na face superior da cobertura, acima da camada de forma, sob ou sobre a impermeabilização. A aplicação do isolamento sobre a camada impermeabilizante tem no entanto a vantagem de proteger este contra as variações térmicas, e eventualmente contra a radiação ultra-violeta, aumentando a sua vida útil. Apresenta ainda a vantagem

de possibilitar a preservação de sistemas impermeabilizantes que se encontrem em bom estado de conservação, visto dispensar a sua remoção. Esta solução é conhecida pela designação de cobertura invertida. A sua aplicação deve fazer-se sobre uma camada de dessolidarização, a qual pode ser constituída por uma manta de geotêxtil ou por uma folha de poliéster. Como material isolante pode utilizar-se placas de poliestireno expandido extrudido (XPS), sobre as quais deve ser aplicada uma protecção pesada, a fim de impedir que estas se desloquem sob o efeito da acção do vento, bem como para as proteger da incidência directa da radiação solar.

A aplicação de um revestimento isolante térmico na face inferior da esteira, deve sempre ser integrada num tecto-falso desligado daquela. Ainda assim apresenta o inconveniente de não proteger termicamente a estrutura.

A opção de aplicar o isolamento térmico em posição intermédia entre a esteira horizontal e a camada de forma constitui uma solução remota em reabilitação, dado exigir o levantamento da camada de forma.



Cobertura invertida, imagem do *Guia Técnico da Reabilitação Habitacional*, pág. 444.

## 2.4. Reabilitação Térmica de Vãos Envidraçados Envidraçados

Os vãos envidraçados têm uma significativa influência no balanço energético dos edifícios, podendo as perdas térmicas nos edifícios de habitação oscilar de 35 a 40% na estação fria. Janelas e portas com vidros simples, ou com vidros duplos, sem corte térmico, podem provocar descidas substanciais na temperatura interior durante a estação fria, provocando situações de desconforto. Por isso a reabilitação de janelas e portas é essencial, podendo ser um factor decisivo para que sejam assegurados os requisitos de eficiência energética exigidos no novo RCCTE. Neste contexto interessa promover algumas medidas, as quais consistem essencialmente em:

- controlar as infiltrações de ar não desejadas através das juntas da caixilharia, por forma a melhorar o seu desempenho durante a estação fria, reduzindo as perdas de calor no interior e minimizando os problemas de desconforto devido à permeabilidade da envolvente;
- reforçar a protecção contra o excesso de radiação solar pelos envidraçados durante a estação quente, controlando os ganhos térmicos mediante a limitação da entrada de radiação solar através de dispositivos de protecção; minimizar o efeito das pontes térmicas que se estabelecem através dos aros e dos próprios envidraçados, reduzindo as trocas de calor associadas às amplitudes térmicas entre o interior e o exterior.

Para isso têm de ser adoptadas soluções compatíveis com as necessidades e com o grau de eficiência desejado. Há portanto que verificar se a caixilharia se encontra degradada a tal ponto que o seu reaproveitamento não seja viável, do ponto de vista construtivo e económico. Convirá ter presente que o preço de referência de um envidraçado novo ronda os 500 euros, e portanto proceder à sua substituição integral no contexto de uma reabilitação, é sempre uma solução dispendiosa. Assim, o reforço do isolamento térmico de vãos envidraçados pode ser obtido através das seguintes medidas:

- Substituição dos elementos por outros com desempenho térmico melhorado, nomeadamente caixilharia com corte térmico e vidro duplo;
- Utilização de envidraçados com elevado desempenho térmico, nomeadamente vidros duplos com isolamento térmico reforçado através do

recobrimento com uma camada de baixa emissividade (low-e)<sup>3</sup>. O *Manual do Vidro*<sup>4</sup>, da Saint Gobain mostra que, mesmo para vidros duplos, o coeficiente de transmissão térmica pode variar entre  $U = 2,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  para vidro tradicional de 4 + 4 mm, e  $U = 1,1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  para vidro duplo de isolamento térmico, com a mesma espessura. A pior das conjunções de vidros duplos, ainda assim, melhora em muito as performances térmicas do melhor dos vidros simples: para estas é difícil obter transmissões térmicas  $U$  abaixo de  $5,8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ .

- Criação de janelas duplas, mediante a incorporação de um segundo caixilho em cada vão. As perdas térmicas de Inverno e os ganhos solares de Verão são melhorados. A solução no entanto é aconselhada sobretudo para climas muito frios ou muito quentes. Tem a desvantagem de piorar a transmissividade luminosa.
- Substituição de vidros simples por vidros duplos. Há que verificar no entanto se a caixilharia se adequa a esta solução.
- Substituição do material vedante das juntas da caixilharia, das juntas móveis, ou das juntas vidro caixilho. Trata-se de uma operação de reduzido custo, com grande eficácia na redução das infiltrações de ar não controladas.

No âmbito da reabilitação dos vãos envidraçados há ainda que reduzir o coeficiente de transmissão térmica das caixas de estore. As caixas de estore são pontes térmicas planas que têm de verificar as mesmas condições de vigas e pilares. Para construções novas ou reabilitações profundas de paredes, podem aplicar-se caixas de estore pré-fabricadas em betão ou em material cerâmico, devidamente isoladas, ou caixas compostas inteiramente por material isolante. Para reabilitação do existente, pode ser aplicado no interior das caixas um revestimento em poliestireno moldado ou em lã de rocha.

Na reabilitação de envidraçados merece especial atenção o controlo de ganhos solares durante a estação de arrefecimento, particularmente em regiões com Verões quentes e longos, como acontece na generalidade do território continental português. Este controlo é da maior importância para minimizar o sobreaquecimento dos espaços interiores e

---

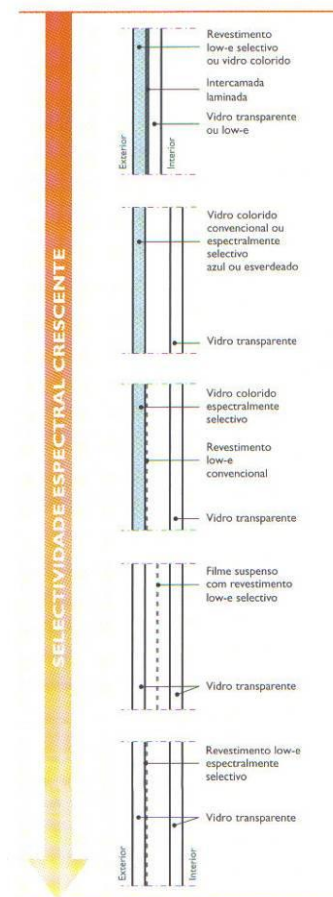
<sup>3</sup> “Low-e” é a terminologia usada no âmbito dos materiais envidraçados de elevado desempenho e advém do inglês “low emissivity”.

<sup>4</sup> págs. 21 a 27

reduzir ou eliminar a necessidade de dispositivos de arrefecimento mecânico. O controlo dos ganhos solares pode fazer-se essencialmente por três vias:

- **Gestão da área de envidraçados:** quanto maior for a área de envidraçados, maiores serão os ganhos solares. No Inverno este factor beneficia a iluminação natural e o aproveitamento da radiação solar térmica, mas durante o Verão acarreta excesso de ganhos solares. A arquitectura bioclimática procura adoptar soluções de aquecimento passivo na estação fria, em que o edifício funciona como um colector solar que capta, armazena e distribui calor pelos compartimentos. Isto pode ser realizado através da transformação de varandas em “marquises”, ou do aumento da área de envidraçados dos vãos orientados a Sul. A inércia dos elementos que compõem o edifício possibilita que

funcionem como acumuladores térmicos que absorvem calor durante o dia, e o libertam à noite. Todavia há que ter em conta que estas medidas, têm inconvenientes na estação quente. Quando a área de envidraçados é superior a 15% da área dos compartimentos, pode originar excessivo aquecimento do interior dos edifícios nesta estação. Daí que seja necessário criar também um sistema de arrefecimento passivo que promova o sombreamento, e a ventilação natural. Deve ser previsto o sombreamento ajustável dos envidraçados, preferencialmente pelo exterior; a utilização de envidraçados duplos com controlo solar; e a correcção do excesso de ganhos solares através de ventilação. O sistema pode proporcionar ganhos energéticos, mas para ser fiável tem de ser dimensionado de forma adequada

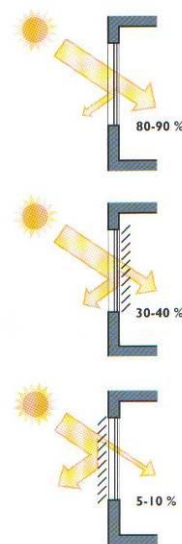


Grau de selectividade espectral para várias combinações de tipos de vidros, imagem do *Guia Técnico da Reabilitação Habitacional*, pág. 444.

e os utilizadores dos edifícios têm de ser sensíveis ao seu modo de funcionamento.

- **Aplicação de envidraçados de baixa emissividade:** Este factor já teve algum desenvolvimento acima. Haverá a acrescentar que é necessário compatibilizar o comportamento dos envidraçados na estação fria, em que é necessário que funcionem como isolante, com o seu desempenho na estação quente em que a prioridade é controlar os ganhos solares. As necessidades de isolamento térmico podem ser satisfeitas através da utilização de vidros duplos. Todavia, no que confere ao controlo dos ganhos solares, esta medida por si só, não constitui solução, sendo necessário utilizar vidros de “controlo solar”, com baixo factor solar, como os vidros coloridos ou vidros reflectantes de cor escura. Estes envidraçados têm também transmitâncias luminosas muito baixas, o que diminui a iluminação natural, factor que acarreta outros problemas com consequências no desempenho energético dos edifícios. A compatibilização do isolamento térmico com o controlo dos ganhos solares, sem pôr em causa a iluminação natural, só pode ser conseguida de forma eficaz com a utilização de envidraçados de elevado desempenho, como os já referidos revestimentos de baixa emissividade (low-e) e espectralmente selectivos (EL); ou através da combinação de envidraçados de bom desempenho térmico, com dispositivos exteriores de protecção solar.

- **Utilização de dispositivos de sombreamento eficazes, preferencialmente pelo exterior:** o objectivo da aplicação de dispositivos de sombreamento consiste em controlar a radiação solar directa, por forma a assegurar condições razoáveis de conforto. O tipo e o grau de sombreamento a assegurar, depende de vários factores, entre os quais a orientação e a geometria dos vãos a sombrear. Existem vários tipos de dispositivos de sombreamento, os quais podem ser aplicados pelo interior ou pelo exterior. Os



Eficácia relativa de dispositivos de sombreamento interiores e exteriores na protecção contra os ganhos solares, imagem do *Guia Técnico da Reabilitação Habitacional*, pág. 444

mais eficazes na redução dos ganhos solares, todavia, como pode ser observado no quadro abaixo, adaptado a partir do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (decreto-lei 80/2006), são os exteriores. Os dispositivos interiores são de reduzida eficácia, e podem desempenhar sobretudo a função de protecção complementar dos dispositivos exteriores, bem como de controlo de admissão de luz natural e de privacidade.

Valor do factor solar de vãos com protecção solar activada a 1005 e vidro incolor corrente ( $g' \perp$ )

TIPO DE PROTECÇÃO		VIDRO SIMPLES			VIDRO DUPLO		
		Cor da Protecção			Cor da Protecção		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
EXTERIORES	Portada de Madeira	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06
	Persiana em réguas de madeira	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07
	Persiana em réguas metálicas ou plásticas	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09
	Estore veneziano de lâminas de madeira	-	0,11	-	-	0,08	-
	Estore veneziano de lâminas metálicas	-	0,14	-	-	0,09	-
	Estore de lona opaco	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08
	Estore de lona pouco transparente	0,14	0,17	0,19	0,10	0,12	0,14
	Estore de lona muito transparente	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,20
INTERIORES	Estores de lâmina	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69
	Cortina opacas	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55
	Cortinas ligeiramente transparentes	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56
	Cortinas transparentes	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58
	Cortinas muito transparentes	0,70	-	-	0,63	-	-
	Portadas de madeira opacas	0,30	0,40	0,50	0,35	0,56	0,58
	Persianas de madeira	0,35	0,45	0,57	0,40	0,55	0,65
	Protecção entre dois vidros – Estore veneziano	-	-	-	0,28	0,34	0,40

## 2.5. Controlo das Entradas de Ar

Tal como o reforço do isolamento térmico, o controlo das infiltrações de ar contribui também para a redução das necessidades de consumo de energia, bem como para a melhoria das condições de conforto no interior dos edifícios.

Segundo o RCCTE a taxa ideal de ventilação é de 0,6 r.p.h. Quando a taxa de renovação é da ordem de 0,8 r.p.h., a solução é satisfatória, mas quando ultrapassa este factor,

produz perdas térmicas que podem provocar situações de desconforto, quer na estação fria, quer na estação quente.

As janelas, as portas, as caixas de estore e outras aberturas, são zonas críticas por onde o excesso de ventilação pode acontecer. Muitas vezes o controlo das infiltrações de ar requer a reparação, e eventualmente a substituição da caixilharia exterior. Há que ter em conta, também, que as caixas de estore são espaços fortemente ventilados que, para além de isolamento térmico, devem ser dotadas de vedantes que impeçam infiltrações de ar para o interior dos edifícios.

Há não só que controlar as infiltrações, como conceber um sistema de ventilação que possibilite a saída do ar viciado e a entrada de ar novo, de modo a satisfazer as exigências de salubridade, e a disponibilidade de ar fresco indispensável ao funcionamento do equipamento de combustão.

Para isso é necessário intervir em diversos domínios. Em reabilitações ligeiras, a calafetagem de portas e janelas através da renovação do sistema de vedantes, pode, por si só, proporcionar ganhos significativos. Em intervenções mais profundas pode pensar-se numa solução tecnicamente mais eficiente. Quando a reabilitação envolve a substituição de janelas, há que ter em conta que o RCCTE passou a prever a sua classificação em classes de permeabilidade ao ar. Neste caso será preferível optar por caixilharia dotada de mecanismos de abertura que permitam a ventilação controlada do interior. Este objectivo pode ser conseguido com a instalação na caixilharia, ou no vidro, de grelhas auto-reguláveis, as quais através da acção do vento, limitam e controlam o caudal que as atravessa. Convirá que o ar entre pelos dispositivos de uma fachada (aquela onde a pressão dinâmica do vento é maior) e vá sair pela outra (onde a pressão dinâmica é menor); ou em alternativa, pelas condutas da cozinha e instalações sanitárias, através do efeito de chaminé. Há que ter em conta, contudo, que o efeito de chaminé só funciona bem para diferenças de temperatura da ordem dos 8°C.

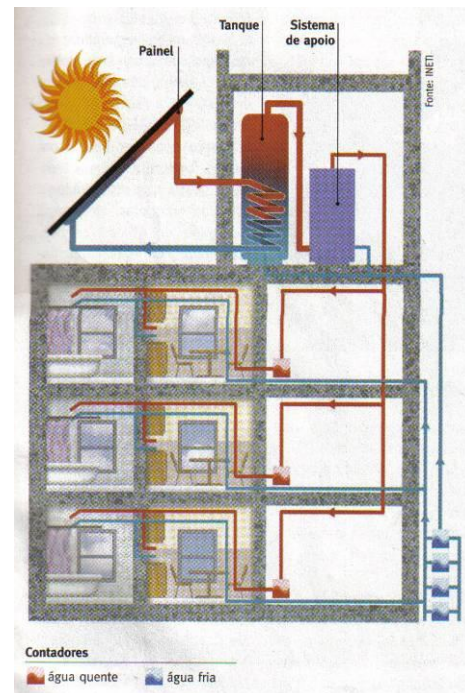
## 2.6. Instalação de Painéis Solares Térmicos

A directiva comunitária transposta pelo decreto-lei 80/2006, obriga a contabilizar todos os consumos energéticos importantes, entre os quais as necessidades de energia para a preparação de águas quentes sanitárias. O objectivo é favorecer a utilização de energias

renováveis, entre as quais a energia solar, considerando ser aquela que, para já, está mais amplamente disponível para consumo doméstico.

Em Portugal uma grande parte do consumo energético prende-se com gastos caseiros. A energia solar é uma energia limpa que favorece o abandono da utilização do petróleo dentro de uma escala assinalável, e representa um contributo enorme para da redução de emissões de CO<sub>2</sub>. Os equipamentos convencionais mais comuns utilizados no aquecimento de água são os esquentadores e caldeiras murais a gás e os termoacumuladores a gás e eléctricos. Estes aparelhos são responsáveis por cerca de 50% do consumo de energia no sector doméstico.

Com o novo RCCTE, a instalação de sistemas solares para aquecimento de águas domésticas, nos novos edifícios, ou para grandes reabilitações, tornou-se obrigatória<sup>5</sup>, sempre que haja terraços ou coberturas inclinadas orientadas entre os quadrantes sudeste e sudoeste. A regra prevê um metro quadrado de painel solar por morador, por forma a assegurar que os sistemas são dimensionados para satisfazer uma parte considerável do consumo de água quente. A água quente é utilizada essencialmente em duches e



banhos de imersão, na lavagem de louça e de roupa, sendo necessário dotar estes equipamentos do acesso às águas quentes solares. A fim de satisfazer as necessidades de consumo de águas quentes durante a noite, o sistema pode ser complementado com um reservatório isolado termicamente. O sistema de produção de Água Quente Solar pode ser utilizado também no aquecimento central, estimando-se neste caso que a taxa de cobertura das necessidades de aquecimento cubra os 40%.

Quando a área de cobertura exposta à radiação solar é insuficiente para cumprir a regra de 1m<sup>2</sup> de painel por habitante, pode ser usada apenas 50% da área de telhado disponível. Esta regra ajusta-se sobretudo aos edifícios de apartamentos, onde as dificuldades de integrar um grande número de painéis solares na cobertura é evidente. Assim, no mesmo edifício poderão existir apartamentos a consumir água quente solar, e

<sup>5</sup> Portugal estabeleceu como objectivo instalar 150 000 m<sup>2</sup> de colectores térmicos por ano, que poderá conduzir a uma meta de 1 milhão de colectores instalados até 2010.



outros cujo consumo de águas quentes terá de ser realizado através de energias convencionais. Nesse caso, as regras técnicas aconselham a que os apartamentos servidos por águas quentes sanitárias sejam aqueles que estão mais próximos da cobertura. Mesmo considerando que a tubagem de água quente é envolvida com uma camada isolante de 1cm de espessura, as perdas térmicas através de canalizações, aconselha a que as distâncias percorridas pela água sejam mínimas.

O contributo da energia solar térmica para o saldo energético global de cada edifício ou fracção autónoma, é calculado obrigatoriamente através do programa Solterm.

A energia solar é um recurso endógeno gratuito. Em Portugal a disponibilidade de energia solar é elevada, situando-se bem acima da média europeia. O número anual médio de horas de sol em Portugal é de aproximadamente 2500 horas, sendo a variação entre o Norte e o Sul do país pouco significativa. De acordo com estudos recentes, no nosso país podem ser instalados 7 500 000 m<sup>2</sup> de colectores solares, proporcionando uma poupança de 450 000 toneladas equivalentes de petróleo por ano.

A título de curiosidade, quantidade de CO<sub>2</sub> evitado por uma família que instale um sistema doméstico de aquecimento de água com 4 m<sup>2</sup> de colectores, compensa a quantidade de CO<sub>2</sub> por que é responsável, ao fazer com o seu carro uma quilometragem média anual de 15 000 Km.

Os painéis solares apresentam igualmente um enorme potencial para a produção de energia eléctrica. Este sistema já é muito utilizado em sinalização luminosa nas estradas, em substituição de geradores a diesel, e em locais onde a rede pública não existe.

## Bibliografia

Decreto-lei n.º 80/2006 de 4 de Abril

PAIVA, José Vasconcelos e outros, *Guia Técnico de Reabilitação Habitacional*, Volume 2, INH, LNEC

dos SANTOS, Carlos A. Pina, e outro, *Coefficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*, versão actualizada 2006, LNEC

*Manual do Vidro*, Saint-Gobain Glass, Edição 2000

AGUIAR, José, e outros, *Guião de Apoio à Reabilitação de Edifícios Habitacionais*, LNEC, Lisboa, 2005

Agência Portuguesa para a Energia  
<http://www.adene.pt>

Agenda 21 on Sustainable Construction  
<http://cic.vtt.fi/eco/cibw82/A21.htm>

Projecto Edifício Verde  
[http://www.Quercus.pt/Xfiles/ScContentDeployer\\_pt/docs/Doc1439.pdf](http://www.Quercus.pt/Xfiles/ScContentDeployer_pt/docs/Doc1439.pdf)

GORE, Al, *Uma Verdade Inconveniente*, Edições Esfera do Caos, Lisboa, 2006