

**WORKSHOP**  
**REABILITAÇÃO URBANA SUSTENTÁVEL**

# Reabilitação Energética de Edifícios

**António Moret Rodrigues (IST)**

**CIUL – Centro de Informação Urbana de Lisboa**  
**16 de Abril de 2009**



Instituto Superior Técnico



Agência Municipal de Energia e Ambiente

## Sumário

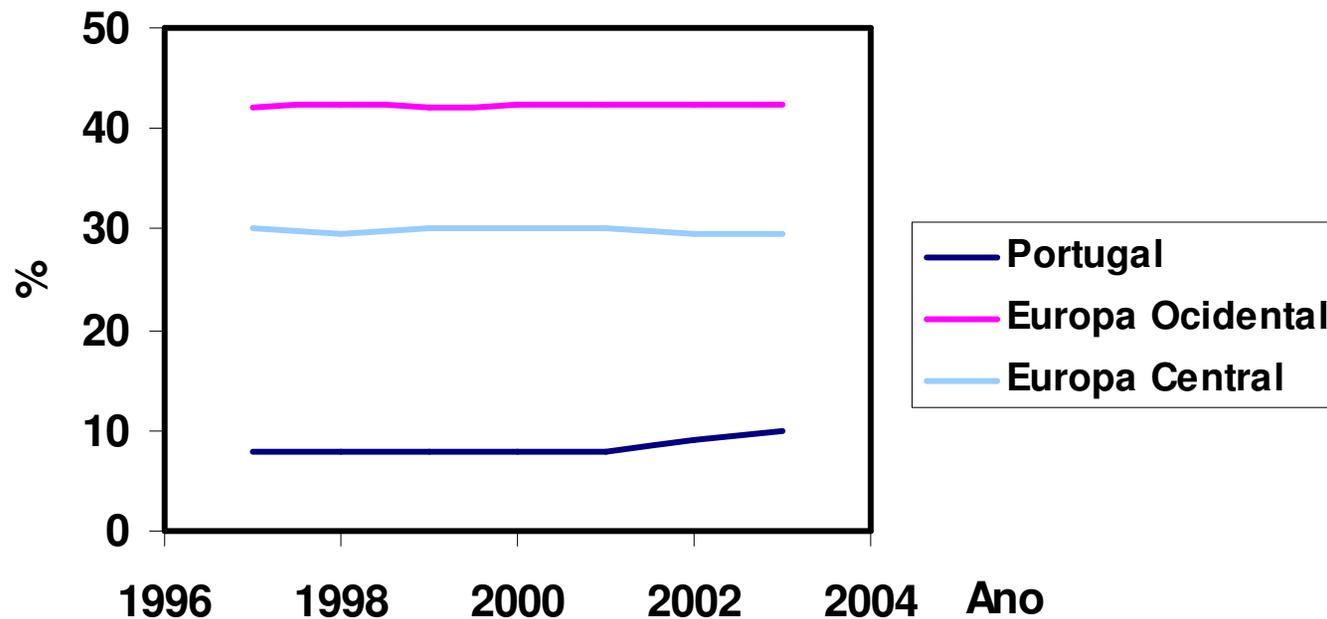
1. **Conceitos e Enquadramento do tema**
2. **Reabilitação energética e seus objectivos**
3. **Plano de Reabilitação energética**
4. **Intervenções de reabilitação**
5. **Critérios de decisão**
6. **Síntese**

# 1. CONCEITOS E ENQUADRAMENTO

- **Reabilitação** é uma operação que visa conferir aos edifícios uma **melhoria de qualidade**, quer em relação ao seu estado actual, quer em relação à qualidade à data da sua construção.
- O termo **Conservação** aplica-se a operações de menor envergadura que se destinam a conferir a edifícios não-degradados uma **qualidade equivalente** à da data da sua construção.

### 1.1 Peso no Sector da Construção

- Na Europa, o segmento da **Conservação e Reabilitação** assume grande importância no peso da estrutura produtiva do sector da construção, enquanto em Portugal ocupa o último lugar.



## 1.2 Perspectiva de evolução em Portugal

A Conservação e a Reabilitação tenderão a intensificar-se em Portugal devido a:

- **Intervenção premente no parque existente** e a políticas públicas, como programas de recuperação de zonas históricas;
- **Benefícios fiscais e financeiros** de apoio à conservação de edifícios;
- **Existência de um grau de satisfação relativo** das necessidades de habitação nova;
- **Elevados custos** da habitação nova.

## 2. REABILITAÇÃO ENERGÉTICA

- Apesar das razões da reabilitação de edifícios poderem ser muito diversas, a preocupação em **melhorar a qualidade térmica e economizar energia** – **Reabilitação Energética** – é um dos motivos que deve ser levado em conta.
- A reabilitação térmica para os valores regulamentares (RCCTE) é obrigatória em todas as **remodelações** (envolvente ou instalações) de **custo superior a 25% do valor do edifício** (grandes remodelações).
- O custo marginal das medidas de reabilitação energética pode ser **largamente compensado pela economia obtida na exploração do edifício**.

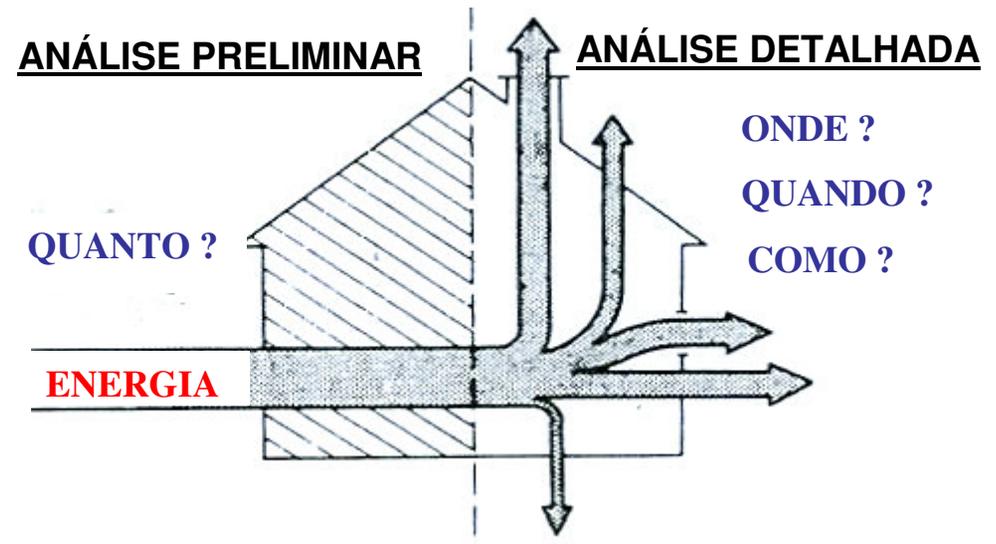
## 2.1 Objectivos da reabilitação energética

- Os objectivos duma reabilitação energética podem ser hierarquizados em dois níveis:
- Um nível de **interesse geral** para a sociedade: economizar energia reduz os custos e tem um duplo contributo para o desenvolvimento sustentável - diminui a procura de recursos não renováveis e reduz as emissões para o ambiente.
- Um nível de **interesse específico**, de melhoria da qualidade higrotérmica dos edifícios, dirigido sobretudo para os Donos de Obra (valorização dos imóveis) e utentes (melhoria da habitação).

### 3. PLANO DE REABILITAÇÃO

Um plano de reabilitação deve definir quais as intervenções a realizar no edifício de forma a serem atingidos os objectivos apontados. Como metodologia, recomendam-se **duas etapas**:

- **Uma análise preliminar**, que consiste numa apreciação geral do consumo de energia e do estado do edifício.
- **Um estudo detalhado** das necessidades energéticas e das patologias funcionais.



## 3.1 Análise preliminar: estado do edifício

### ● **Envolvente do Edifício**

- ano de construção;
- estados geral; defeitos da construção;
- qualidade do isolamento térmico, envidraçados.

### ● **Instalações Técnicas**

- idade, tipo e estado das instalações; manutenção;
- modo de produção de água quente sanitária;
- principais pontos de consumo de electricidade.

### ● **Exploração**

- atitude geral (conscenciosa/negligente);
- nível médio da temperatura e qualidade do ar;
- tipo de ocupação.

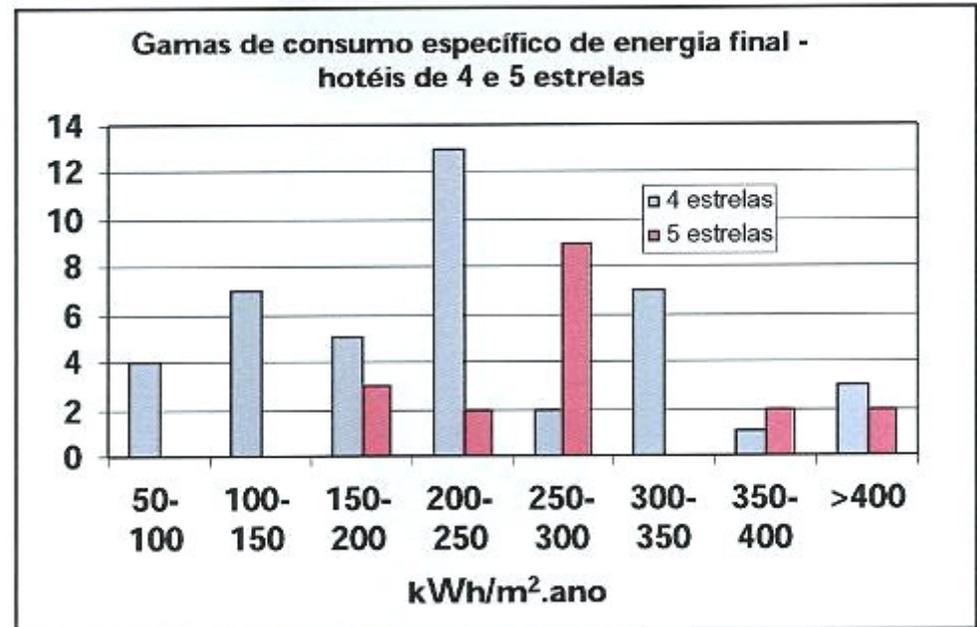
## 3.2 Análise preliminar: consumos

- **Levantamento do consumo de energia de um ou mais anos** para todos os vectores energéticos (energia final) em causa: kWh de **electricidade**, m<sup>3</sup> de **gás** de cidade, toneladas de **gasóleo**, etc.
- Estas informações constam de facturas de electricidade, boletins de entrega de combustível, e outra documentação de prova de consumo.
- Todos os consumos devem ser **reduzidos à mesma unidade** de energia e, se possível, **repartidos por classes**: aquecimento do ambiente, de águas sanitárias, iluminação, equipamentos.

### 3.3 Análise preliminar: índice energético

- A divisão do consumo total por uma área de referência (pavimento útil) fornece um **índice** que constitui uma **medida de consumo de energia** final do edifício **susceptível de comparação**.

- A **comparação deste índice com um valor médio** obtido de estatísticas sobre edifícios existentes do mesmo tipo, permite classificar o edifício e avaliar melhor a oportunidade duma reabilitação energética.



## 3.4 Análise detalhada: mais informação

- Se a indicação vinda da análise preliminar for no sentido de avançar com o estudo, aprofunda-se o levantamento de dados relativamente à **envolvente, instalações técnicas, exploração.**
- **Eventual medição experimental de parâmetros do ambiente interior:** temperatura, humidade e velocidade do ar, concentração de poluentes, temperaturas das superfícies, iluminâncias.
- **Levantamento de dados relativamente ao clima exterior:** temperatura, humidade, velocidade e direcção do vento, radiação solar, nebulosidade.

## 3.5 Análise detalhada: balanço energético

- Designa-se por **balanço energético** a comparação entre a quantidade de **energia introduzida** no edifício e a que se **perde** através dele. Tomado num período de tempo longo, este balanço tende a anular-se.
- O consumo de energia final resultante do cálculo do balanço, com base nos dados da construção, instalações e clima exterior, deve ser comparado com o que é levantado no edifício, corrigindo-se o balanço até ser conseguido o ajustamento.
- Acertado o balanço, **identificam-se as fontes principais de desperdício** e estabelecem-se as **medidas correctivas** mais adequadas.

## 4. Intervenções de reabilitação

As intervenções de reabilitação podem ser de:

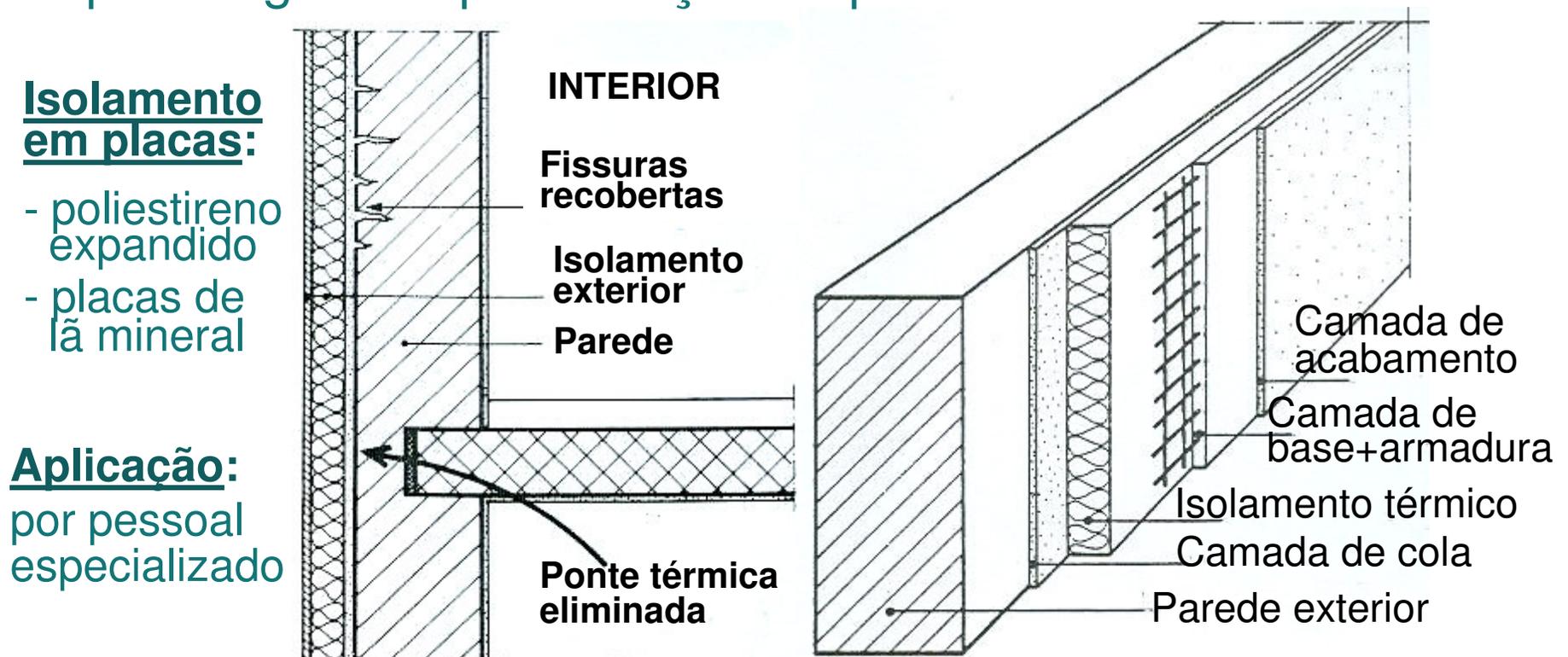
- **Reforço da protecção térmica das partes opacas.** Neste capítulo, e nos casos em que é obrigatório cumprir o regulamento, o nível de exigência de referência do actual RCCTE é o **dobro** do anterior.
- **Reforço das propriedades dos envidraçados**, em termos de isolamento térmico, estanquidade ao ar, controlo solar. No actual RCCTE os valores de  $U_r$  são cerca de **20% mais baixos** ( $I_2$  e  $I_3$ ) que no anterior.
- **Recurso a tecnologias solares**, passivas e activas.
- **Melhoria da eficiência de equipamentos.**

Aqui apenas se abordam os 2 primeiros tipos.

## 4.1 Paredes: isolamento pelo exterior

### ● Fachada compacta

Aplicável **se não houver condicionamentos arquitectónicos** que obriguem à preservação do paramento exterior.



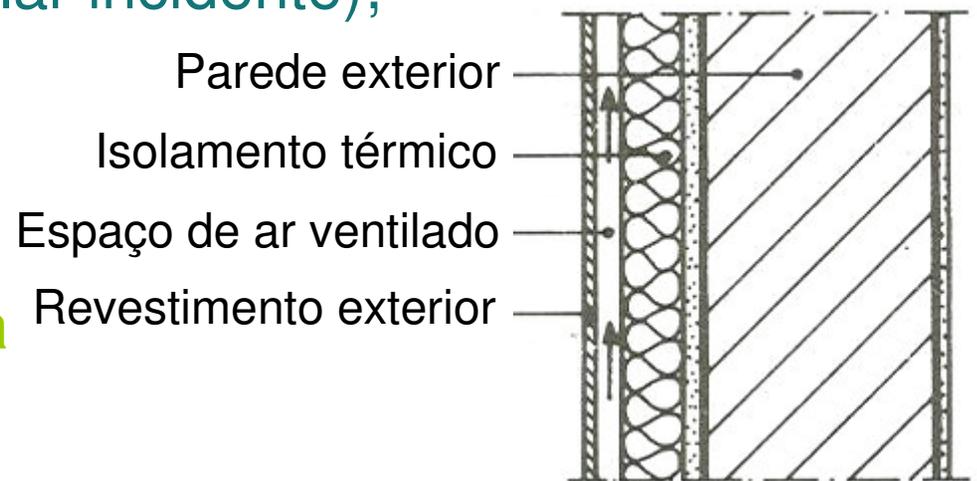
**Vantagens:** elimina pontes térmicas; não reduz a inércia térmica; recobre pequenas fissuras; protege dos choques térmicos.

## 4.2 Paredes: isolamento pelo exterior

### ● Fachada ventilada

Do ponto de vista da física da construção, é provavelmente **o melhor sistema**;

- Criando-se um espaço ventilado entre o revestimento e o isolamento térmico, **melhora-se a protecção contra a intempérie** (acumulação de humidade de infiltração), **e o desempenho térmico no Verão** (acumulação de calor decorrente da radiação solar incidente);
- O **isolante**, não tendo função de suporte do revestimento, **não necessita de resistência mecânica particular**.

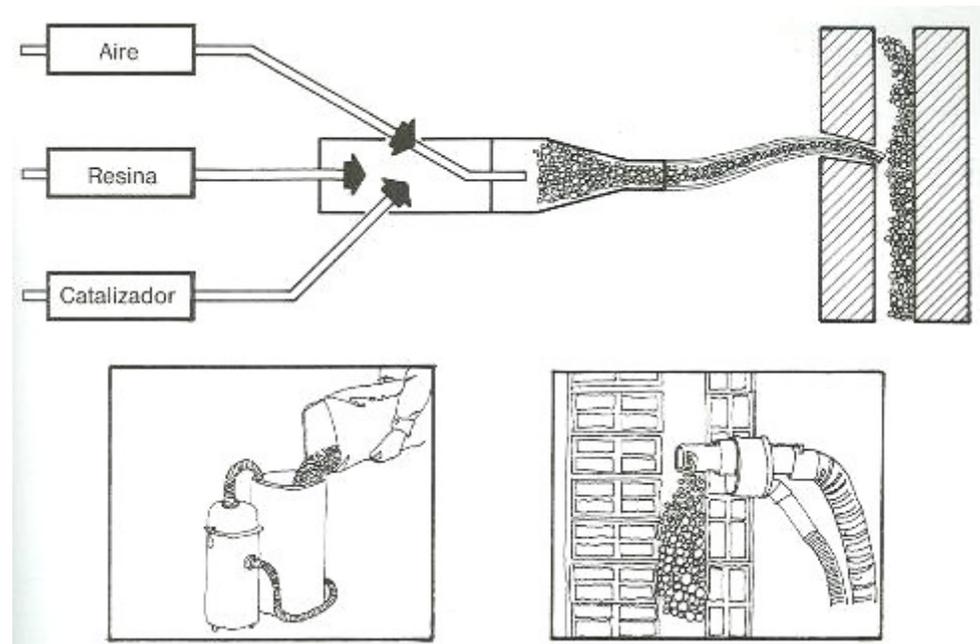




## 4.4 Paredes: isolamento na caixa de ar

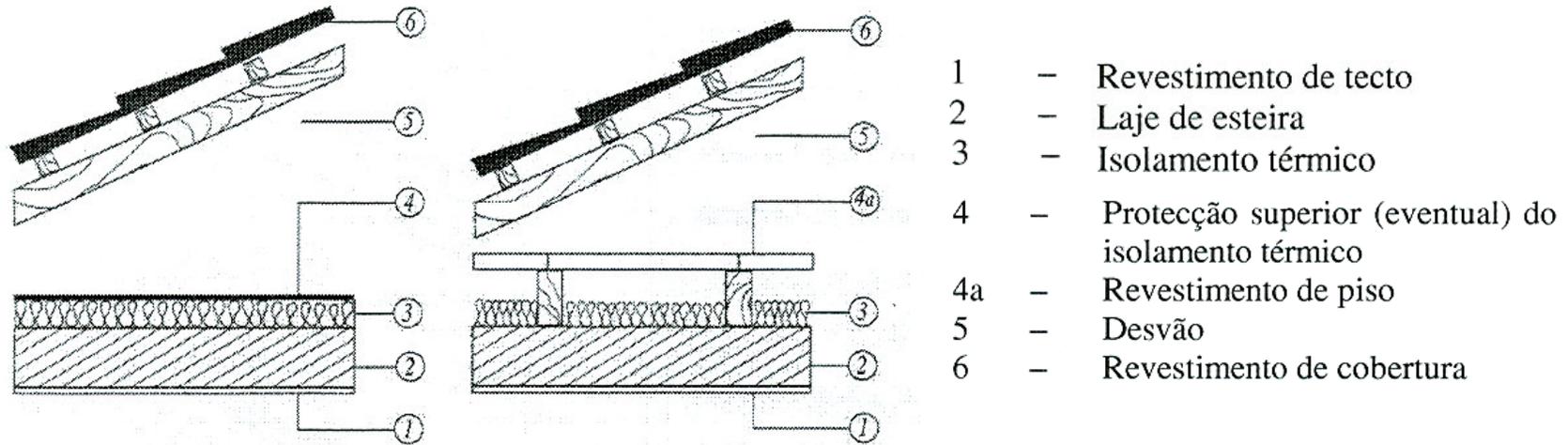
O isolamento inserido na **caixa de ar** de paredes duplas permite **manter o aspecto exterior e interior** das mesmas e reduzir ao mínimo as operações de reposição dos paramentos, que ficam limitadas à vedação dos furos de injeção.

- No campo das **espumas**, o material mais corrente é o **poliuretano injectado**.
- No campo dos materiais **granulares**, tem-se o **poliestireno expandido**, a **argila expandida** e a **vermiculite expandida**

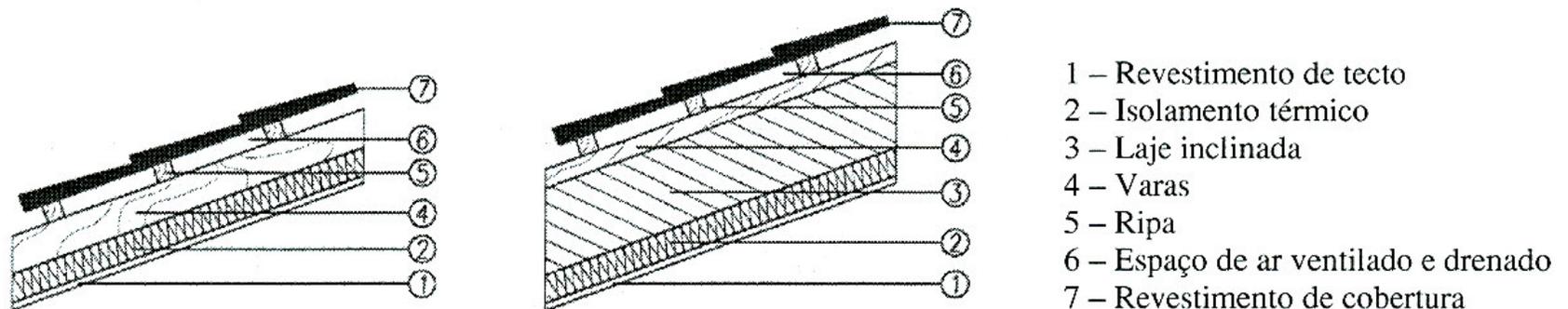


## 4.5 Coberturas inclinadas

### ● Isolamento térmico na esteira do tecto



### ● Isolamento térmico ao longo das vertentes

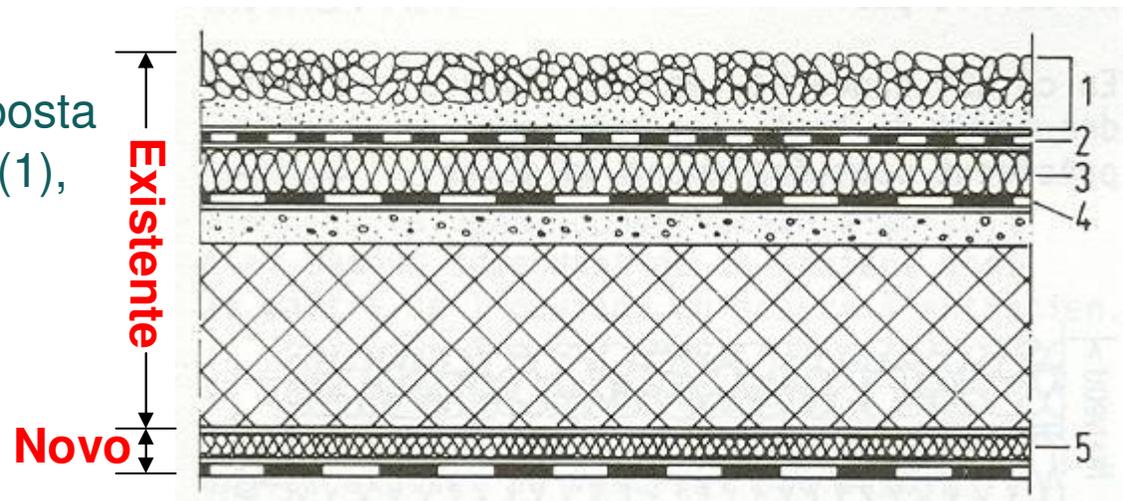


## 4.6 Coberturas planas: reforço interior

- **Reforço do isolamento térmico pelo interior**

Dado que é uma **solução que aumenta os riscos de condensação e diminui a inércia térmica interior**, só deve ser utilizada em situações em que seja impossível reparar a cobertura ou onde haja vantagens de aquecer rapidamente os locais.

- 1 - 4 Cobertura existente composta de camada de protecção (1), impermeabilização (2), isolamento térmico (3), barreira de vapor(4)
- 5 Reforço de isolamento pelo interior



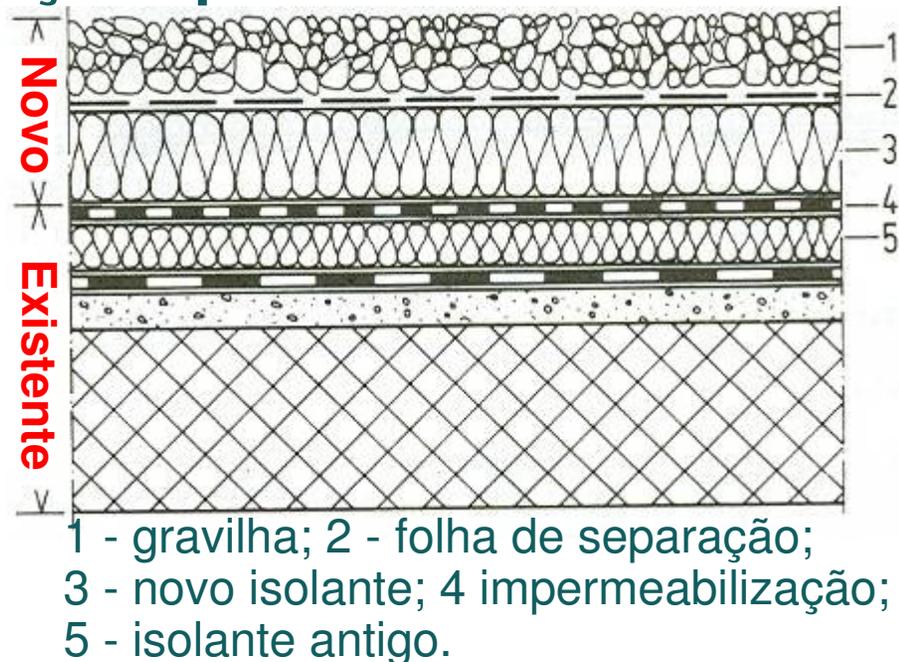
## 4.7 Coberturas planas: reforço exterior 1

- **Reforço do isolamento térmico pelo exterior**

Esta é a **melhor solução**, que não tem os inconvenientes da anterior, para além de proteger melhor a estrutura das variações térmicas.

### Cobertura existente reforçada por uma camada de isolamento térmico suplementar

A cobertura suplementar aumenta a resistência à difusão do vapor e desse facto podem resultar **riscos acrescidos de condensação** no isolamento térmico antigo.



## 4.8 Envidraçados: tipos de reabilitação

- **Reforço do isolamento térmico e redução das infiltrações de ar não controladas** através das juntas da caixilharia de modo a melhorar o seu desempenho na estação fria sem prejudicar a sua função de colector solar nessa estação.
- **Reforço da protecção contra a penetração indesejável da radiação solar** através deles na estação quente mediante a instalação de **dispositivos** adequados de **sombreamento**.

Deve ter-se em conta a eventual **necessidade de manter janelas em edifícios com interesse histórico ou arquitectónico**, o que pode **limitar a intervenção**.

## 4.9 Envidraçados: Reforço do Isolamento

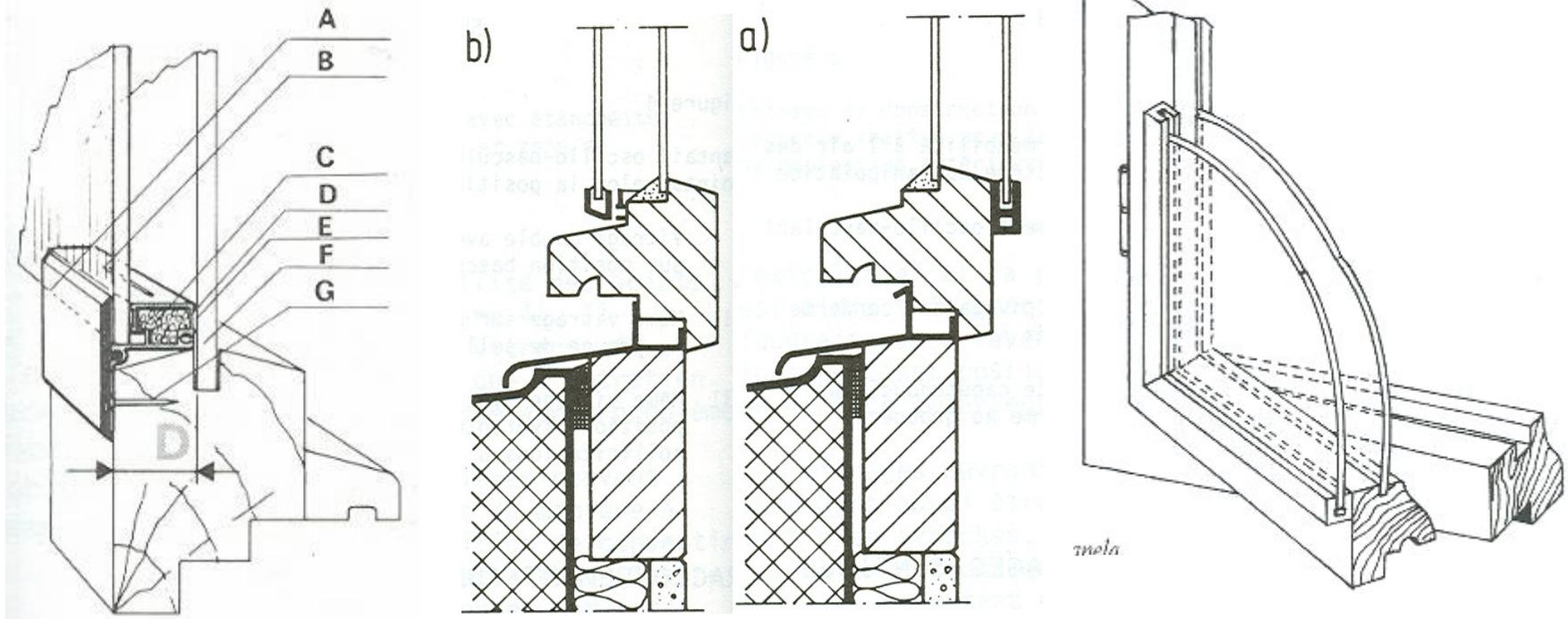
- O vidro simples, por motivo da sua reduzida espessura (alguns mm), tem fraca capacidade de isolamento térmico.
- Em acções de reabilitação pode melhorar-se o isolamento térmico:
  - Aumentando o **número de vidros**;
  - **Substituindo os vidros** existentes;
  - Criando **janelas duplas**;
  - **Substituindo** integralmente a **caixilharia** existente.

O actual RCCTE aumenta a exigência da capacidade isolante dos envidraçados para as zonas climáticas mais severas ( $I_2, I_3$ ).

( $U_r$  desce de 4.2 para 3.3  $W/m^2\text{°C}$  ).

## 4.10 Envidraçados: duplicação de vidros

- Sendo a substituição de uma janela uma operação geralmente dispendiosa, a **duplicação de vidros** é uma solução possível .



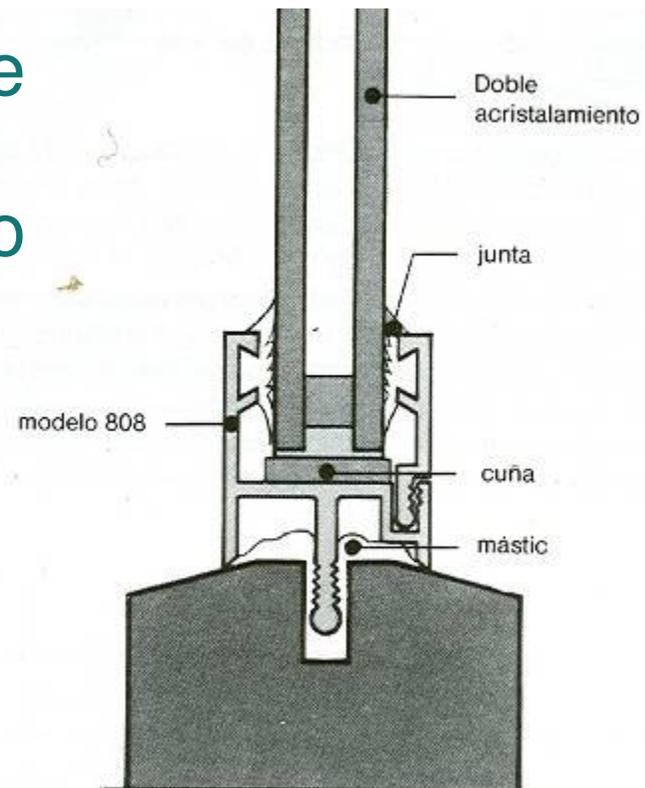
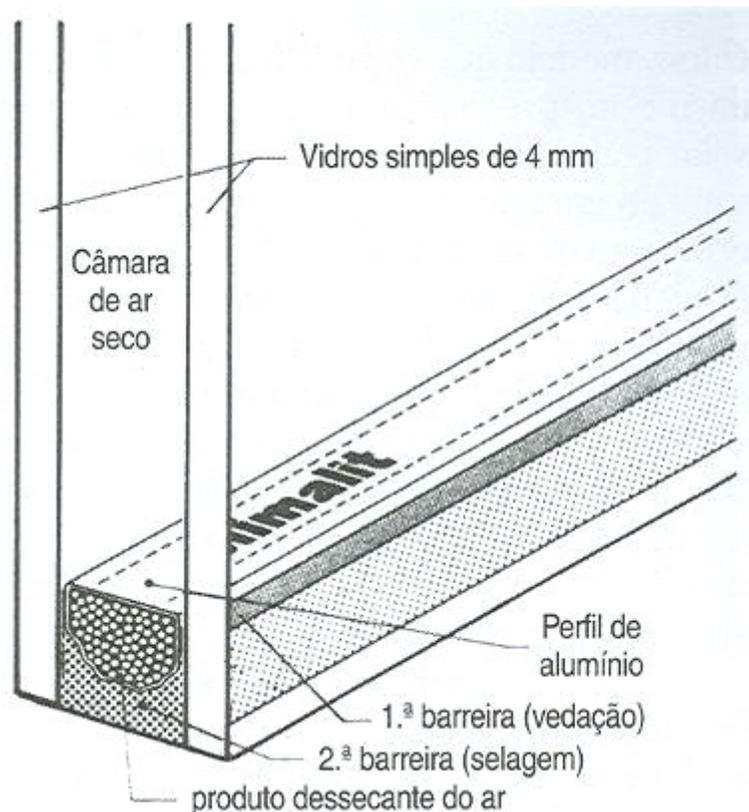
A – Placa de PVC  
 C – Produto dessecante do ar;  
 E – Vedante; F – Vidro existente;

B – Vidro suplementar;  
 D – Junta de PVC;  
 G – Pregos 16/20 mm

Vidro suplementar:  
 a) pelo interior  
 b) pelo exterior

## 4.11 Envidraçados: substituição do vidro

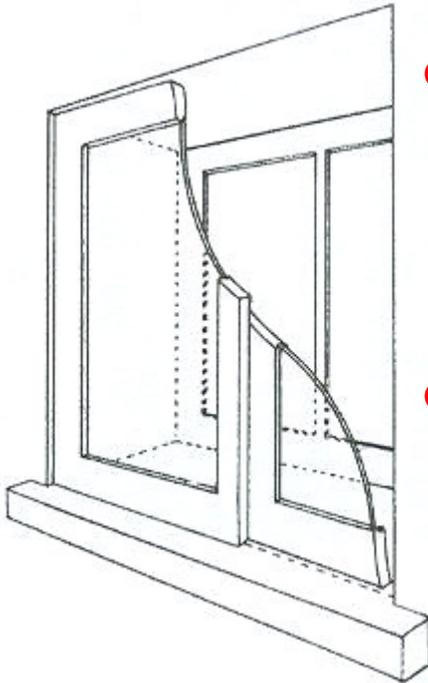
- Pode também substituir-se o vidro simples existente por um vidro isolante duplo



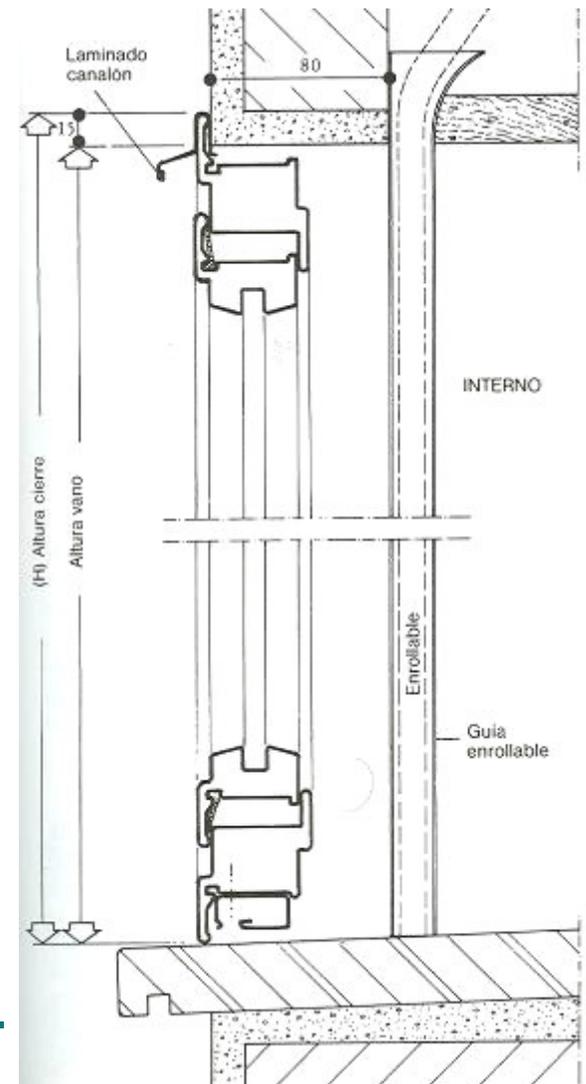
- O novo caixilho tem um formato especial, de forma a que se possa adaptar ao caixilho existente.

## 4.12 Envidraçados: duplicação de janela

- Uma outra solução é montar uma **segunda janela**, com abertura para o exterior, alinhada com o plano da fachada.

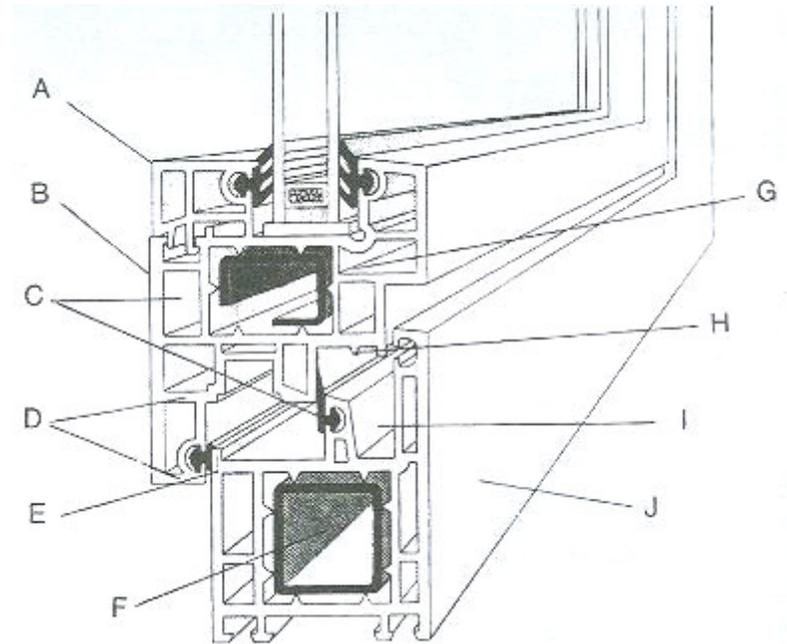


- A duplicação da janela **melhora também o isolamento sonoro.**
- Sendo a intervenção feita no exterior do edifício, torna-se **necessária autorização.**



## 4.13 Envidraçados: substituição da janela

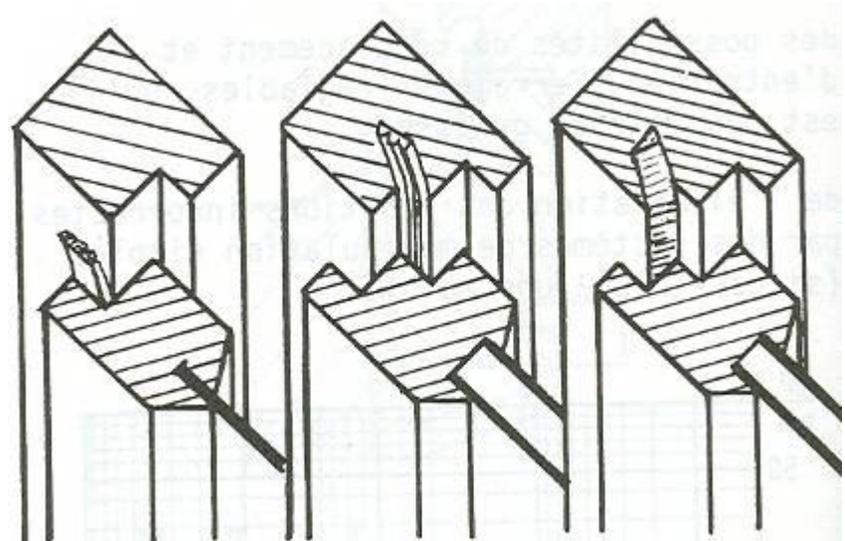
- A **solução radical** de substituição da caixilharia permite **resolver todos os problemas** levantados pelo envidraçado, não só de isolamento térmico, mas também de permeabilidade ao ar, isolamento sonoro.
- É a medida **mais eficaz** se estiver em causa (por obrigatoriedade ou não) o cumprimento das exigências regulamentares.



## 4.14 Envidraçados: permeabilidade ao ar

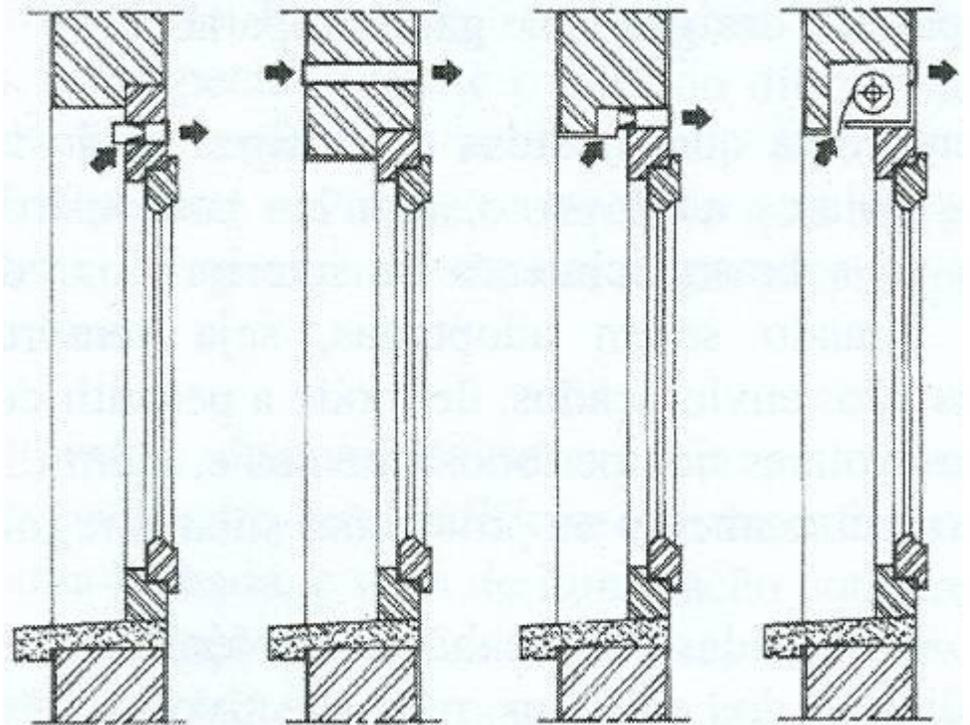
No caso de **não** se proceder à substituição da caixilharia, **a redução das infiltrações de ar** através das juntas pode conseguir-se com:

- **Interposição de perfis vedantes** nas juntas móveis;
- **Afinação dos caixilhos**, com ajustamento eventual das respectivas posições;
- **Substituição dos materiais vedantes** envelhecidos das juntas vidro-caixilho.



## 4.15 Envidraçados: permeabilidade ao ar

- A **redução da permeabilidade** deve ser acompanhada de medidas que garantam as **condições adequadas de ventilação** dos espaços de modo a satisfazer as exigências de **salubridade**.
- Isso pode passar pela **introdução de aberturas de admissão de ar** de acordo com a NP 1037-1.



## 4.16 Envidraçados: Protecção solar

- O **controle dos ganhos solares excessivos** pode conseguir-se através do próprio vidro, como é o caso dos **vidros de cor** e dos **vidros reflectantes**.
- Os **vidros de cor** baseiam o seu funcionamento na capacidade de absorção da energia solar (**elevado coeficiente de absorção**), enquanto os **vidros reflectantes** funcionam por reflexão dessa energia (**alto coeficiente de reflexão**).
- Os **vidros reflectantes** são mais eficazes que os de cor.

## 4.17 Envidraçados: Protecção solar

- Este controle pode também ser realizado através de dispositivos de protecção independentes, que se podem dividir em 2 grandes grupos:

**Protecções interiores:** estores de lâminas, portadas, cortinas;

**Protecções exteriores,** onde se distinguem as que actuam fora do plano do vidro (palas) e as que actuam no plano deste (estores venezianos, persianas...).

- As **protecções exteriores** são **mais eficazes** que as **interiores**, e as que actuam no plano do vidro contribuem também para o isolamento térmico.

## 5. CRITÉRIOS DE DECISÃO

- Num **projecto de reabilitação térmica**, há que decidir sobre o **nível de melhoria** da qualidade térmica que deve ficar associado à intervenção.
- Esse nível pode ficar definido por **imposição regulamentar**, no caso de grandes intervenções (como atrás referido).
- Pode ser inspirado nos **valores de referência** que o RCCTE estabelece para as características térmicas dos elementos da envolvente.
- Pode recorrer ao **método custo/benefício**, que é o instrumento teórico que está na base da procura de soluções óptimas.

## 5.1 Grandes remodelações

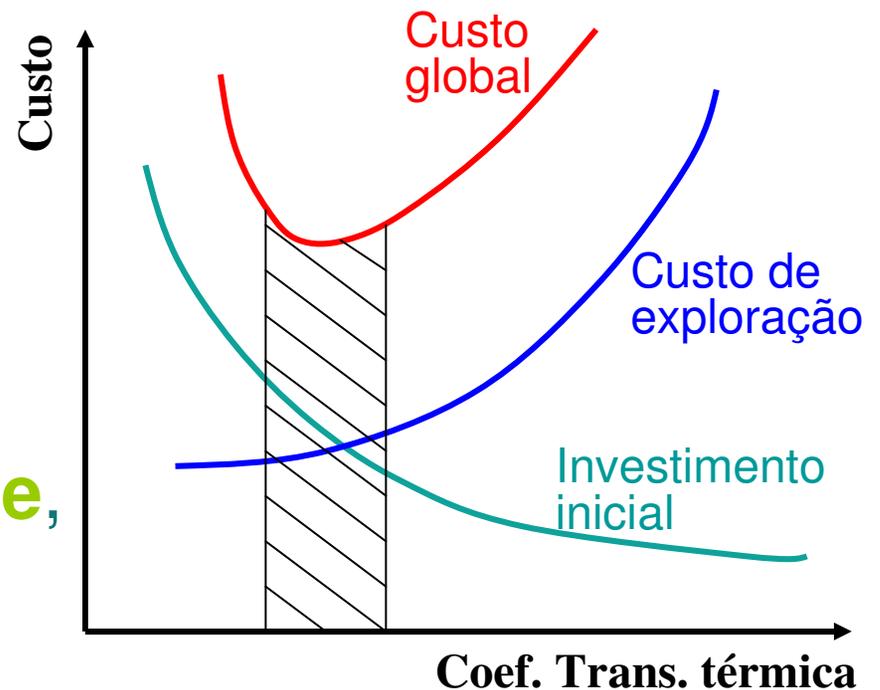
- Neste caso, a reabilitação não se distingue da construção nova e deve verificar o RCCTE no que toca a:
  1. **Requisitos mínimos** de qualidade térmica em zonas correntes e zonas singulares;
  2. **Limitação das necessidades nominais de energia útil** de aquecimento, arrefecimento e preparação de águas quentes sanitárias;
  3. **Limitação das necessidades nominais globais de energia primária.**

## 5.2 Pequenas remodelações

- Neste caso não há obrigatoriedade de obedecer ao RCCTE, mas este pode servir de base à tomada de decisão através das **características térmicas de referência** para:
  1. **Zonas opacas verticais**
  2. **Zonas opacas horizontais**
  3. **Vãos envidraçados**
  4. **Factores solares**

## 5.3 Método do custo/benefício

- Se não existir obrigatoriedade legal de cumprir o regulamento, a tomada de decisão pode também recorrer ao **método do custo/benefício**.
- O critério é o do custo mínimo que resulta do **balanço entre o investimento** associado à intervenção de reabilitação e o **benefício daí decorrente**, por exemplo, em termos de economia de energia.



## 6. SÍNTESE

- O sector da **reabilitação energética tem um potencial de crescimento elevado**, porque essa é a tendência da reabilitação em geral e também pelo novo paradigma ambiental.
- A entrada em vigor da **certificação energética** para edifícios existentes também contribui para despertar o interesse pela reabilitação energética.
- As **soluções tecnológicas convencionais** para a reabilitação energética **são muito variadas**. As **tecnologias de energia renovável** encontram também aqui um potencial de utilização elevado.