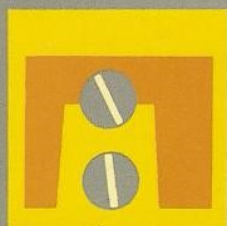
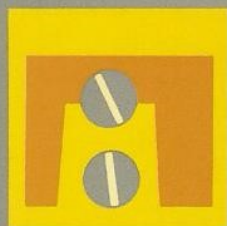
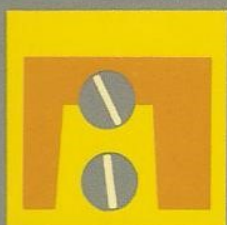
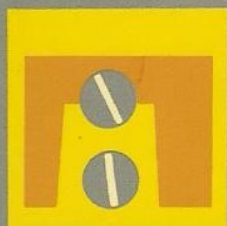


NOTA DE INFORMAÇÃO TÉCNICA - NIT • 001 - LFC 1997



# METODOLOGIA PARA A SELECÇÃO EXIGENCIAL DE ISOLANTES TÉRMICOS

VASCO PEIXOTO DE FREITAS  
MANUEL PINTO



2ª EDIÇÃO

# **METODOLOGIA PARA A SELECÇÃO EXIGENCIAL DE ISOLANTES TÉRMICOS**

Vasco Peixoto de Freitas  
Manuel Pinto

Nota de Informação Técnica – NIT • 001 - LFC 1997

**2.<sup>a</sup> EDIÇÃO**



## **AGRADECIMENTO**

Os autores agradecem o apoio financeiro da JNICT – através do Fundo de Apoio à Comunidade Científica • 1997 – para esta publicação sem o qual esta edição não seria possível.

Agradecem também à Prof.<sup>a</sup> Maria Helena Corvacho a revisão e comentários ao texto que muito contribuíram para a versão apresentada.



## PREÂMBULO

O Laboratório de Física das Construções – LFC – tem desenvolvido uma estratégia que visa, sobretudo, a sua instalação e consolidação. Os equipamentos adquiridos no período de 1988 a 1996 através do programa CIÊNCIA, dos financiamentos da JNICT, de um projecto comunitário “SCIENCE PROJECT” e de protocolos com Instituições são muito significativos e constituem hoje uma base sólida.

A actividade do Laboratório tem três vectores fundamentais:

- a investigação;
- a consultoria técnica e científica;
- a difusão de conhecimentos.

O objectivo central do Laboratório de Física das Construções – LFC – é o estudo higrotérmico de materiais e componentes da construção no que se refere à sua adequação às solicitações, à sua durabilidade e à melhoria das suas características.

O trabalho desenvolvido situa-se a meio caminho entre a investigação fundamental, que explicará os fenómenos de base, e a investigação tecnológica. Esta posição do LFC permite não só dar apoio aos trabalhos experimentais das Teses em curso e que se pretendam desenvolver, bem como dar resposta a solicitações exteriores de caracterização de materiais e componentes.

Entendemos que a abertura do Laboratório ao exterior é fundamental, tendo havido uma procura crescente dos serviços de consultoria científica e técnica. Em conjugação com o Instituto da Construção, elaborámos pareceres sobre patologias associadas à humidade em edifícios e efectuámos diversos ensaios de caracterização de materiais de construção.

De acordo com a estratégia traçada pretendemos que sejam publicadas duas notas técnicas em cada ano com base em dissertações de Mestrado e trabalhos desenvolvidos no LFC, constituindo este texto a primeira experiência. Esperamos que o esforço desenvolvido seja um pequeno contributo para a melhoria da informação tecnico-científica disponível na área da construção e que tenha a continuidade desejável.

Entendemos que o LFC poderá dar um contributo importante para a resolução de problemas de carácter higrotérmico que afectam os nossos edifícios. Por isso, pensamos ser fundamental a divulgação de notas técnicas com os resultados dos estudos desenvolvidos com interesse para a prática da construção.

Prof. Vasco Peixoto de Freitas  
**Responsável pelo Laboratório de Física  
das Construções**

Prof. Vitor Abrantes  
**Coordenador da Secção de Construções Cívicas**



## RESUMO

Nesta **Nota de Informação Técnica**, faz-se a classificação dos materiais de isolamento térmico e caracterizam-se as suas propriedades fundamentais. Apresenta-se o princípio de certificação de materiais de isolamento térmico em que são definidos diferentes níveis de aptidão para as diferentes aplicações, mostrando-se também as potencialidades do Laboratório de Física das Construções neste domínio. Finalmente, propõe-se um manual exigencial de selecção de materiais de isolamento térmico a aplicar nos vários elementos da envolvente (paredes, coberturas e pavimentos).

### Palavras Chave:

Isolante térmico, certificação, exigência, desempenho, método exigencial.

## SUMMARY

This **Technical Paper** gives a classification of thermal insulation materials and defines their fundamental properties. It presents the principle of qualification of thermal insulation materials defining different levels of aptitude of utilisation. Furthermore it shows the potentialities of the Laboratory of Building Physics within this field. Finally it suggests an imperative manual on the selection of thermal insulation materials for the various elements of the building envelope (walls, roofs and floors).

### Keywords:

Thermal insulation, certification, performance.

## RESUMÉ

Dans cette **Note d'Information Technique**, on présente une classification des matériaux, ainsi que la caractérisation de ses propriétés fondamentales. On y fait l'exposition du principe de certification des matériaux d'isolation thermique, où sont définis les divers niveaux d'aptitude à l'utilisation. Les potentialités du Laboratoire de Physique du Bâtiment, dans ce domaine sont aussi présentées. On propose, finalement, un manuel exigencial de la sélection des matériaux d'isolation thermique dans les divers éléments de l'enveloppe (murs, toitures et sols).

### Mots Clés:

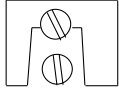
Isolation thermique, certification, exigence, performance, méthode exigencielle.



## ÍNDICE DO TEXTO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. ISOLANTES TÉRMICOS .....</b>	<b>11</b>
2.1 ISOLANTES TÉRMICOS LEVES CORRENTEMENTE USADOS EM PORTUGAL.....	11
2.1.1 <i>Classificação dos isolantes quanto ao modo de produção.....</i>	<i>11</i>
2.1.2 <i>Classificação dos isolantes quanto à estrutura.....</i>	<i>14</i>
2.1.3 <i>Classificação dos isolantes quanto à apresentação.....</i>	<i>14</i>
2.1.4 <i>Classificação dos isolantes quanto à natureza das matérias primas .....</i>	<i>14</i>
2.2 CARACTERÍSTICAS DOS ISOLANTES TÉRMICOS .....	15
2.2.1 <i>Condutibilidade térmica – <math>\lambda</math>.....</i>	<i>15</i>
2.2.2 <i>Outras características físicas.....</i>	<i>16</i>
2.2.3 <i>Comportamento em relação à água .....</i>	<i>17</i>
2.2.4 <i>Permeabilidade ao vapor de água – <math>\pi</math> .....</i>	<i>17</i>
2.2.5 <i>Comportamento face aos agentes atmosféricos e biológicos .....</i>	<i>18</i>
2.2.6 <i>Comportamento face ao fogo .....</i>	<i>18</i>
2.2.7 <i>Comportamento mecânico.....</i>	<i>18</i>
2.2.8 <i>Estabilidade dimensional .....</i>	<i>18</i>
2.2.9 <i>Impacto face ao Homem e meio ambiente .....</i>	<i>18</i>
2.2.10 <i>Compatibilidade química, física, biológica ou mecânica.....</i>	<i>19</i>
2.2.11 <i>Outras características .....</i>	<i>19</i>
<b>3. CERTIFICAÇÃO DE ISOLANTES TÉRMICOS.....</b>	<b>19</b>
3.1 INTERESSE E CAMPO DE APLICAÇÃO DA CERTIFICAÇÃO.....	19
3.2 CERTIFICAÇÃO E NÍVEIS DE APTIDÃO .....	20
3.2.1 <i>Compressibilidade – I .....</i>	<i>20</i>
3.2.2 <i>Estabilidade dimensional – S.....</i>	<i>20</i>
3.2.3 <i>Comportamento à água – O .....</i>	<i>21</i>
3.2.4 <i>Comportamento mecânico – L.....</i>	<i>21</i>
3.2.5 <i>Permeabilidade ao vapor de água – E.....</i>	<i>22</i>
3.3 POSSIBILIDADES EXPERIMENTAIS DO LABORATÓRIO DE FÍSICA DAS CONSTRUÇÕES DA FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO .....	22
<b>4. MANUAL EXIGENCIAL .....</b>	<b>23</b>
4.1 O QUE É UM MANUAL EXIGENCIAL E SUA IMPORTÂNCIA.....	23
4.2 PROPOSTA DE UM MANUAL EXIGENCIAL PARA SELECÇÃO DE ISOLANTES TÉRMICOS.....	23
4.3 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MANUAL EXIGENCIAL PRECONIZADO .....	35
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>39</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>39</b>





## 1. INTRODUÇÃO

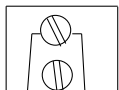
---

A entrada em vigor, em Janeiro de 1991, do *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios* (RCCTE), conduziu a uma maior utilização de materiais leves para isolamento térmico da envolvente dos edifícios. No entanto, é difícil uma escolha criteriosa destes materiais, dada a sua diversidade. Por outro lado, há necessidade de evitar a incorrecta selecção de produtos mal adaptados às exigências de utilização que podem estar na origem de patologias. Por isso, aos materiais de isolamento térmico deverá ser exigida a caracterização das suas propriedades físicas e higrótérmicas, de modo a poder ser definida a sua aptidão de utilização.

Entendemos que se justifica o desenvolvimento e a implementação da certificação e etiquetagem dos materiais de isolamento térmico pré-fabricados. A certificação e etiquetagem revestir-se-á de grande interesse para todos os intervenientes no acto de construir, nomeadamente os produtores, os comerciantes, os projectistas e os aplicadores, contribuindo para a melhoria da qualidade da envolvente dos edifícios.

Para além da certificação, é necessário dispor de instrumentos que definam as exigências para as várias soluções de projecto. Dessa forma, os projectistas poderão realizar cadernos de encargos exigenciais, nos quais não é necessária a descrição do produto preconizado, mas sim a definição das exigências a satisfazer.

Esta Nota de Informação Técnica pretende propor uma metodologia para a selecção exigencial de isolantes térmicos com base numa certificação e num manual exigencial.



## 2. ISOLANTES TÉRMICOS

---

### 2.1 ISOLANTES TÉRMICOS LEVES CORRENTEMENTE USADOS EM PORTUGAL

Um isolante térmico é um produto que tem como principal objectivo reduzir a transferência de calor através dos elementos onde está inserido. De acordo com a NF P 75-101 trata-se de produtos destinados à construção cuja resistência térmica ( $R=e/\lambda$ ) é maior ou igual a  $0,5 \text{ m}^2\cdot\text{C}/\text{W}$  e cuja condutibilidade térmica ( $\lambda$ ) é menor ou igual a  $0,065 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{C})$ . Consideram-se isolantes leves aqueles cuja massa volúmica ( $\rho$ ) é inferior a  $300 \text{ kg}/\text{m}^3$ .

Os isolantes podem classificar-se segundo o modo de produção, a estrutura, a apresentação e a natureza das matérias primas.

#### 2.1.1 Classificação dos isolantes quanto ao modo de produção

Quanto ao modo de produção, os isolantes poderão ser divididos em dois grandes grupos: isolantes pré-fabricados e isolantes formados *in situ*.

– Isolantes pré-fabricados:

- placas/painéis: elementos onde as dimensões, “comprimento” e “largura”, são preponderantes relativamente à “espessura” e que se caracterizam pelo seu carácter rígido (podem ou não comportar revestimentos nas faces);
- mantas: elementos em que as dimensões, “comprimento” e “largura”, são preponderantes relativamente à “espessura” e que se caracterizam pelo seu carácter não rígido (podem ou não comportar revestimentos nas faces);
- blocos: elementos em que a “espessura” é da mesma ordem de grandeza das outras dimensões e que se caracterizam pelo seu carácter rígido.

– Isolantes formados *in situ*:

- isolantes a granel;
- isolantes moldados;
- isolantes injectados/projectados (Fig. 1).

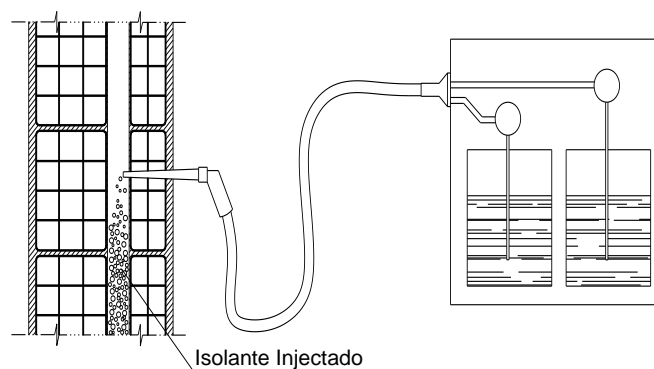


Fig. 1 – Exemplo de aplicação de isolantes injectados

A aplicação dos isolantes pré-fabricados pode fazer-se por fixação mecânica (Fig. 2), por colagem (Fig. 3), por colocação livre (Fig. 4) ou em cofragem perdida (Fig. 5).

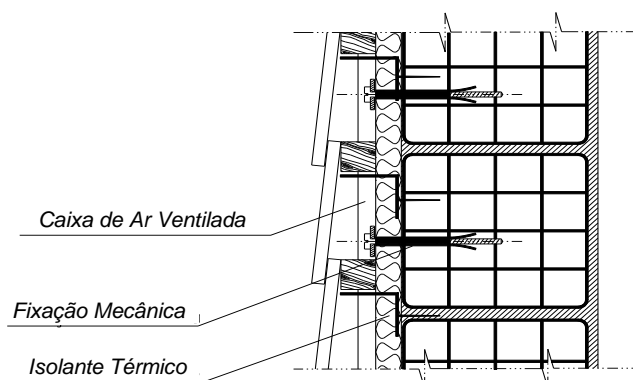


Fig. 2 – Fixação mecânica de isolantes pré-fabricados

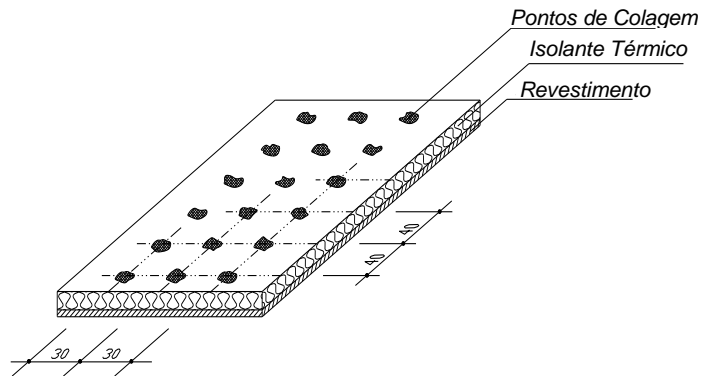


Fig. 3 – Colagem de isolantes pré-fabricados

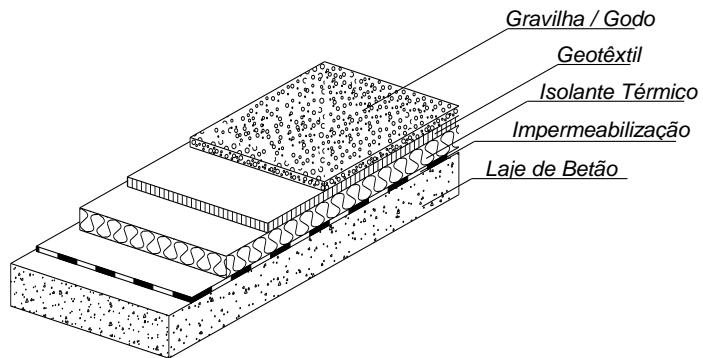


Fig. 4 – Colocação livre de isolantes pré-fabricados

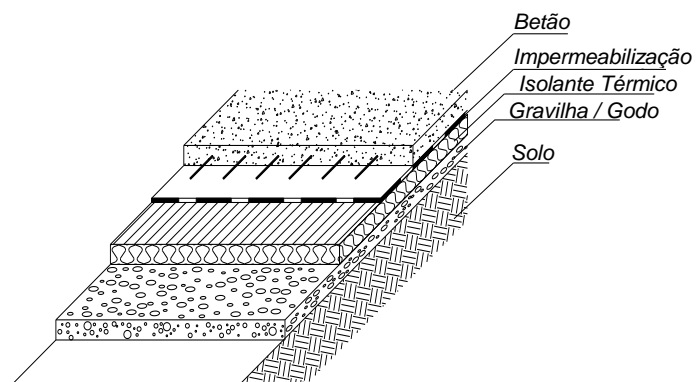


Fig. 5 – Isolantes pré-fabricados servindo de cofragem perdida

### 2.1.2 Classificação dos isolantes quanto à estrutura

No que se refere à estrutura, os isolantes podem ser classificados em materiais celulares, fibrosos ou granulares. Os materiais celulares contêm ar encerrado em alvéolos (ex.: aglomerados de cortiça, betões celulares, espumas de plásticos). Os materiais fibrosos mantêm uma película de ar aderente à extensa superfície de cada fibra (ex.: lã de vidro, lã de rocha). Os materiais granulares retêm o ar nos intervalos entre grânulos e nos interstícios (ex.: granulados de cortiça soltos, vermiculite solta ou aglomerada).

A classificação anterior inclui os principais tipos de isolamento térmico. No entanto, poderão encontrar-se outros tipos de isolantes, tais como: materiais com estrutura mista (ex.: betão de agregados ligeiros), compactos (ex.: aglomerado de madeira) e de camadas múltiplas (ex.: placas de gesso associadas a uma camada de fibra mineral).

### 2.1.3 Classificação dos isolantes quanto à apresentação

Os isolantes podem ser apresentados como materiais rígidos, semi-rígidos, granulares/pulverulentos ou pastosos. Um isolante rígido é um material auto-sustentável. Um material semi-rígido e flexível é um material não auto-sustentável. Um material granular e pulverulento é um material com apresentação amorfa, composto por partículas granulares ou pulverulentas não aglomeradas. Um material pastoso é um material em que os componentes químicos se conformam em obra, adoptando em primeiro lugar um aspecto pastoso, passando posteriormente a ter as características de rígido ou semi-rígido.

### 2.1.4 Classificação dos isolantes quanto à natureza das matérias primas

Apresenta-se de seguida uma descrição dos principais tipos de isolantes em função da natureza da matéria prima (mineral, vegetal e sintética). Simultaneamente, procura-se identificar os mais utilizados no mercado português (Quadros 1 a 3).

Quadro 1 – Isolantes de natureza mineral

DESIGNAÇÃO	ESTRUTURA	PRODUÇÃO			
		Painéis ou Placas	Mantas	Granel	Formado <i>in situ</i>
<b>Frequentemente utilizado em Portugal</b>					
Lã de rocha	Fibrosa	x	x		
Lã de vidro	Fibrosa	x	x		
Argila expandida	Celular			x	
Betão celular	Celular				x
Betão com inertes leves de argila expandida	Mista				x
<b>Pouco utilizado em Portugal</b>					
Vidro celular	Celular				
Espuma de argila	Celular				
Vermiculite expandida	Celular				
Perlite expandida	Celular				
Xisto expandido	Celular				
Pedra-pomes	Celular				
Escórias vulcânicas	Celular				
Escórias industriais	Cel./Fib.				
Betão com inertes leves: perlite expandida, vermiculite expandida, poliestireno expandido, vidro celular, escórias industriais, escórias vulcânicas, pedra-pomes, partículas de madeira, cortiça, xisto expandido	Mista				
A marca "x" indica a forma mais usual de produção em Portugal					

Quadro 2 – Isolantes de natureza vegetal

DESIGNAÇÃO	ESTRUTURA	PRODUÇÃO			
		Painéis ou Placas	Mantas	Granel	Formado <i>in situ</i>
<b>Frequentemente utilizado em Portugal</b>					
Cortiça expandida	Celular	x		x	
Cortiça “crua”(não expandida)	Celular			x	
<b>Pouco utilizado em Portugal</b>					
Aglomerado de fibras de madeira	Fibrosa				
Aglomerado de partículas de madeira	Fibrosa				
Aglomerado de aparas de madeira mineralizada com cimento	Mista				
Aglomerado de fibras de linho	Fibrosa				
Fibras celulósicas: papel, cartão e madeira	Fibrosa				
Palha comprimida	Fibrosa				
A marca “x” indica a forma mais usual de produção em Portugal					

Quadro 3 – Isolantes de natureza sintética

DESIGNAÇÃO	ESTRUTURA	PRODUÇÃO			
		Painéis ou Placas	Mantas	Granel	Formado <i>in situ</i>
<b>Frequentemente utilizado em Portugal</b>					
Poliestireno expandido moldado	Celular	x			
Poliestireno expandido extrudido	Celular	x			
Poliuretano	Celular				x
<b>Pouco utilizado em Portugal</b>					
Espuma de poli-isocianurato	Celular				
Espuma de ureia-formaldeído	Celular				
Espuma de PVC	Celular				
Espuma de poliéster	Celular				
Espuma formo-fenólica	Celular				
A marca “x” indica a forma mais usual de produção em Portugal					

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DOS ISOLANTES TÉRMICOS

Analisaremos, de seguida, algumas das propriedades físicas e higrotérmicas mais relevantes dos isolantes térmicos.

### 2.2.1 Condutibilidade térmica – $\lambda$

A condutibilidade térmica é uma propriedade característica de cada material que depende de uma série de factores, tais como: porosidade, dimensão dos poros, diâmetro da fibra, carácter isotrópico/anisotrópico, envelhecimento (para materiais celulares o valor de  $\lambda$  aumenta com o decorrer do tempo devido à perda de gás contido nas células, por troca com o ar) e tipo de gás que o material encerra. No entanto, os factores mais influentes e importantes são a temperatura, a massa volúmica e o teor de humidade. Nas aplicações correntes nos edifícios os isolantes estão submetidos a variações de temperatura com uma amplitude máxima de aproximadamente 50 °C o que não influencia de forma significativa o valor de  $\lambda$ .

A condutibilidade térmica aumenta com o teor de humidade (Fig. 6) e apresenta um valor óptimo para um dado valor da massa volúmica (Fig. 7).

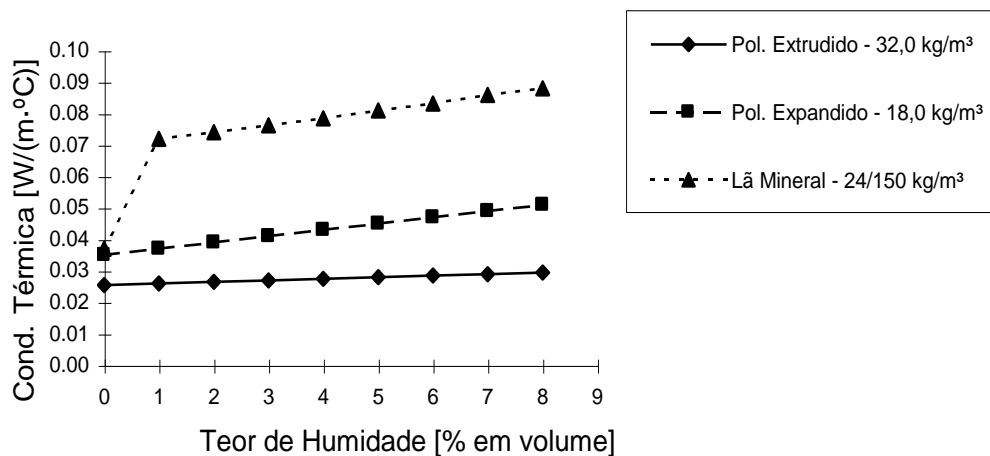


Fig. 6 – Variação da condutibilidade térmica com o teor de humidade para vários materiais de isolamento térmico

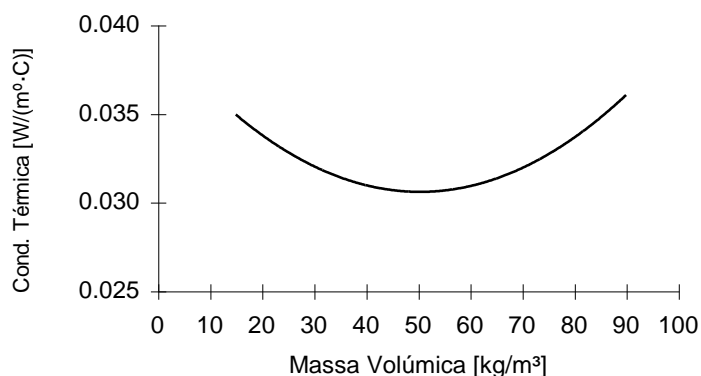


Fig. 7 – Condutibilidade térmica do poliestireno expandido moldado em função da massa volúmica medida à temperatura de 10 °C

### 2.2.2 Outras características físicas

Outras características físicas importantes são a massa volúmica aparente, o coeficiente de dilatação térmica linear, o coeficiente de absorção sonora e o calor específico. Destacam-se o coeficiente de dilatação térmica linear, importante na análise da estabilidade dimensional, e a massa volúmica (Quadro 4).

Quadro 4 – Valores convencionais úteis da condutibilidade térmica em função da massa volúmica de materiais de isolamento térmico

TIPO DE ISOLANTE	MASSA VOLÚMICA $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	COND. TÉRMICA $\lambda$ [W/(m·°C)]
Lã de rocha	$20 \leq \rho \leq 35$	0,045
	$35 \leq \rho \leq 180$	0,040
Lã de vidro	$8 \leq \rho \leq 12$	0,045
	$12 \leq \rho \leq 80$	0,040
Aglomerado negro de cortiça	$100 \leq \rho \leq 150$	0,045
Poliestireno expandido moldado	$15 \leq \rho \leq 35$	0,040
Poliestireno expandido extrudido	$25 \leq \rho \leq 40$	0,035
Espuma rígida de poliuretano	$30 \leq \rho \leq 40$	0,030
Materiais granulares leves ou fibras soltas	$25 \leq \rho \leq 100$	0,050

### 2.2.3 Comportamento em relação à água

A definição do seu comportamento face à água é fundamental para se caracterizar o desempenho de um isolante térmico, nomeadamente quanto à:

- absorção de água por gravidade, capilaridade, imersão e aspensão;
- impermeabilidade (o isolante não é atravessado por água com fraca pressão, em 24 h);
- higroscopicidade (adsorção de água no estado de vapor / curva de adsorção higroscópica);
- carácter não hidrófilo;
- imputrescibilidade;
- intumescimento;
- possibilidade de dissolução de aditivos eventualmente existentes.

### 2.2.4 Permeabilidade ao vapor de água – $\pi$

O conhecimento da permeabilidade ao vapor de água é indispensável para uma correcta concepção da envolvente face à difusão de vapor. No Quadro 5 apresentam-se valores da permeabilidade de alguns isolantes.

Quadro 5 – Permeabilidade ao vapor de água de diversos materiais de isolamento térmico

TIPO DE ISOLANTE	PERMEABILIDADE – $\pi$ [kg/(m·s·Pa)] <sup>(*)</sup>
Poliestireno expandido extrudido	$1,46 \times 10^{-12}$
Poliestireno expandido moldado	$6,24 \times 10^{-12}$
Aglomerado negro de cortiça	$10,4 \times 10^{-12}$
Lã mineral	$146 \times 10^{-12}$
Espuma rígida de poliuretano	$4,16 \times 10^{-12}$
<sup>(*)</sup> $1 \text{ kg}/(\text{m}\cdot\text{s}\cdot\text{Pa}) = 4,800 \times 10^8 \text{ g}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{mmHg})$	

### 2.2.5 Comportamento face aos agentes atmosféricos e biológicos

Os isolantes, enquanto elementos da envolvente, estão frequentemente expostos a acções exteriores pelo que devem ser suficientemente resistentes a degradações por elas provocadas. Entre as acções exteriores destacam-se a chuva, a radiação solar, a neve, o vento, os ciclos de gelo/degelo, os fungos, as bactérias, os roedores, os insectos e as aves. Para aumentar a resistência à acção dos agentes exteriores, os isolantes podem incluir na sua composição aditivos específicos.

### 2.2.6 Comportamento face ao fogo

O conhecimento do comportamento em relação ao fogo é fundamental, principalmente em situações de perigo para as pessoas. Entre as características a conhecer destacam-se a reacção ao fogo, o risco de deflagração, a temperatura limite de utilização, a libertação de fumos e de gases tóxicos. É importante conhecer, também, se o isolante liberta substâncias durante a combustão que possam propagar o incêndio ou ser nocivo para as pessoas. O isolante pode ter na sua constituição aditivos ignífugos que dificultem a combustão.

### 2.2.7 Comportamento mecânico

É importante conhecer a resistência à compressão, flexão, tracção, corte, punçoamento, acções dinâmicas e deformação com carga permanente. Normalmente a resistência mecânica é proporcional à massa volúmica e é influenciada pelo carácter isotrópico/anisotrópico do material.

### 2.2.8 Estabilidade dimensional

A estabilidade dimensional deve ser estudada sempre que o isolante se encontra ligado a outros materiais. Importa conhecer a retracção após fabrico (Fig. 8) e a estabilidade dimensional sob a acção da temperatura e/ou humidade.

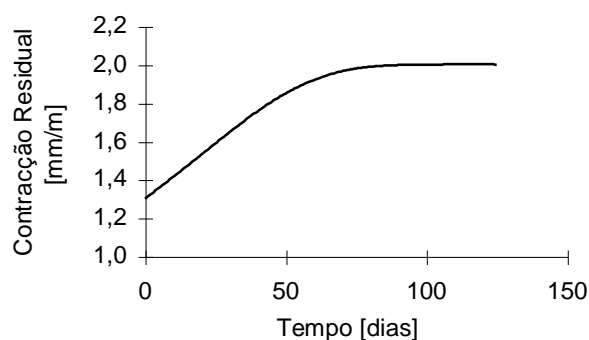


Fig. 8 – Contração do poliestireno expandido moldado após comercialização (2 semanas após fabrico).

### 2.2.9 Impacto face ao Homem e meio ambiente

Exige-se cada vez mais uma limitação do impacto das actividades humanas no meio ambiente e no próprio Homem pelo que, no caso dos isolantes, é necessário conhecer a reacção ao tacto (possibilidade de alergias), a libertação de odores e substâncias nocivas ao Homem e ao ambiente, a segurança na utilização, a energia dispendida para fabricação, a possibilidade de reciclagem, etc.

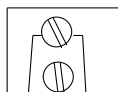
### 2.2.10 Compatibilidade química, física, biológica ou mecânica

A compatibilidade é importante quando o isolante se encontra ligado a outros materiais. Importa conhecer, por exemplo, o pH, a resistência a ácidos, a bases e a possibilidade de corrosão de metais. A utilização de materiais de isolamento térmico inadequados pode agravar a degradação de materiais confinantes com os isolantes.

### 2.2.11 Outras características

Poderão enumerar-se outras propriedades eventualmente importantes na escolha do isolante a aplicar em cada caso, tais como:

- o custo de aquisição (relação custo/condutibilidade térmica) e de aplicação, a facilidade de aplicação/reparação/limpeza e as condições de transporte/armazenamento;
- o tempo de vida útil;
- a versatilidade;
- o conforto visual, as medidas e respectivas tolerâncias;
- a conformidade com regulamentação técnica (Directiva Europeia dos Produtos da Construção, Regulamentação Térmica, etc.);
- o controlo de qualidade na produção;
- a etiquetagem;
- a existência de informação técnica.



## 3. CERTIFICAÇÃO DE ISOLANTES TÉRMICOS

---

### 3.1 INTERESSE E CAMPO DE APLICAÇÃO DA CERTIFICAÇÃO

A certificação permite uma caracterização dos materiais e a selecção exigencial dos isolantes. A certificação preconizada nesta Nota Técnica é idêntica à ACERMI (Association pour la Certification des Matériaux Isolants) que, neste momento, abrange produtos comercializados em França, Espanha, Portugal, Inglaterra, Bélgica, etc.

No âmbito do Comité Europeu de Normalização (CEN) – Comissão Técnica TC 88 (“Thermal Insulating Materials and Products”), surgiram algumas normas que não constituem uma certificação. Assim, enquanto não existir a nível europeu uma certificação única, haverá vantagens em adoptar uma das existentes, de preferência com alguns anos de aplicação, como é o caso da certificação ACERMI.

A certificação preconizada aplicar-se-á a produtos isolantes pré-fabricados constituídos por painéis, placas e mantas, com ou sem revestimentos delgados (ex.: revestimentos de papel), em que a resistência térmica ( $R$ ) é maior ou igual a  $0,5 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$  e a condutibilidade térmica ( $\lambda$ ) é menor ou igual a  $0,065 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ . Os produtos, podem ser constituídos por um ou vários isolantes. Os produtos não homogéneos, tais como complexos constituídos por placas de gesso e isolante, não podem ser certificados, embora o isolante, por si, o possa ser.

### 3.2 CERTIFICAÇÃO E NÍVEIS DE APTIDÃO

Preconizam-se dois graus de certificação:

- certificação tipo "A": define a resistência térmica ( $R$ ) do elemento e garante os níveis mínimos,  $I_1$ ,  $S_1$ ,  $O_1$ ,  $L_1$ ,  $E_1$ , de aptidão de utilização;
- certificação tipo "B": define a resistência térmica ( $R$ ) e os níveis de aptidão de utilização ( $ISOLE$ ).

As exigências constantes da certificação preconizada são as seguintes :

- resistência térmica .....  $R$ ;
- compressibilidade .....  $I$ ;
- estabilidade dimensional .....  $S$ ;
- comportamento à água .....  $O$ ;
- comportamento mecânico .....  $L$ ;
- permeabilidade ao vapor de água .....  $E$ .

Cada exigência é traduzida por vários níveis de aptidão de utilização, como se especifica a seguir. Refira-se que o material só pertence ao nível  $X$ , se satisfizer todas as exigências dos níveis inferiores.

#### 3.2.1 Compressibilidade – $I$

A maior ou menor compressibilidade dos isolamentos térmicos permite classificá-los em cinco níveis (Quadro 6), em função da sua deformação.

Quadro 6 – Níveis de compressibilidade

NÍVEL	DEFORMAÇÃO
$I_1$	$\Delta e/e \leq 25 \%$
$I_2$	$C \leq 12 \text{ mm}$
$I_3$	$C \leq 3 \text{ mm}$
$I_4$	$C \leq 0,5 \text{ mm}$
$I_5$	$C \leq 0,3 \text{ mm}$

em que:

- $C$  [mm] : representa a perda de espessura após aplicação progressiva, por patamares (24 h), de uma pressão de 0,01 MPa até 0,04 MPa, conforme NF P 75-301;
- $\Delta e/e$  : variação relativa de espessura sob pressão de 100 Pa, em relação a uma pressão inicial de 50 Pa, conforme NF B 20-101 (não são admitidos valores individuais superiores a 35 %).

#### 3.2.2 Estabilidade dimensional – $S$

A estabilidade dimensional dos materiais de isolamento térmico permite subdividi-los em quatro níveis (Quadro 7).

Quadro 7 – Níveis de estabilidade dimensional

NÍVEL	EXIGÊNCIAS
S <sub>1</sub>	$ S_n  +  V_{HR}  \leq 0,01 \text{ m/m}$
S <sub>2</sub>	$G \cdot  S_n  \cdot e \leq 400 \text{ Pa}\cdot\text{m}$
S <sub>3</sub>	$ S_f  \leq 0,004^{(*)} \text{ m/m}$
S <sub>4</sub>	$(50 \cdot \alpha +  V_{HR}  +  S_f ) \cdot G \leq 15 \times 10^3 \text{ Pa}$
(*) sem valores individuais > 0,0045 m/m	

em que:

- $S_n$  [m/m] : retracção ou dilatação natural relativa, a partir da saída da fábrica;
- $S_f$  [m/m] : retracção ou dilatação a 20 °C, após aquecimento a 70 °C durante 7 dias;
- $V_{HR}$  [m/m] : variações dimensionais relativas em função da humidade relativa entre dois ambientes a 20 °C / 15 %HR e 20 °C / 90 %HR;
- $\alpha$  [°C<sup>-1</sup>] : coeficiente de dilatação térmica linear;
- $G$  [Pa] : módulo de elasticidade transversal, obtido conforme NF T 56–118;
- $e$  [m] : espessura do isolamento.

Os parâmetros  $S_n$  e  $V_{HR}$  são determinados após uma estabilização, entre duas medições consecutivas, menor que 0,05 mm.

### 3.2.3 Comportamento à água – O

O comportamento à água dos materiais de isolamento térmico permite classificá-los em três níveis (Quadro 8).

Quadro 8 – Níveis de comportamento à água

NÍVEL	EXIGÊNCIAS
O <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• variação de espessura após humedificação parcial<sup>(*)</sup> &lt; 7,5 %</li> <li>• teor de humidade higroscópico<sup>(#)</sup> (% em peso) &lt; 15 %</li> <li>• teor de humidade higroscópico<sup>(#)</sup> (% em volume) &lt; 1,5 %</li> </ul>
O <sub>2</sub>	não hidrófilo <sup>(+)</sup>
O <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• impermeabilidade à água em ensaio de absorção por gravidade (em 24 h)<sup>(o)</sup></li> <li>• teor de humidade higroscópico<sup>(#)</sup> (% em volume) &lt; 0,05 %</li> </ul>
<p>(*) projecção de um litro de água sobre um provete de 0,35 × 0,35 m e medição da espessura sob a acção de 50 Pa</p> <p>(#) o teor de humidade higroscópico é obtido pela diferença entre dois ambientes: 15 % e 90 %</p> <p>(+) conforme NF P 75-305</p> <p>(o) conforme NF P 75-302</p>	

### 3.2.4 Comportamento mecânico – L

O comportamento dos materiais de isolamento térmico em coesão e flexão permite classificá-los em quatro níveis (Quadro 9).

Quadro 9 – Níveis de comportamento mecânico em coesão e flexão

NÍVEL	EXIGÊNCIAS
L <sub>1</sub>	$R_L > P$
L <sub>2</sub> <sup>(*)</sup>	$D \leq 0,12$ m
L <sub>3</sub> <sup>(#)</sup>	$R_t \geq 0,05$ MPa $A_r \geq 1,5$ %
L <sub>4</sub> <sup>(+)</sup>	$R_t \geq 0,18$ MPa $A_r \geq 1$ %
(*) define o limite de inclusão na família dos isolantes semi-rígidos (#) valores a satisfazer por pelo menos 95 % dos provetes (+) valores a satisfazer por pelo menos 80 % dos provetes	

em que:

- $R_L$  [N] : resistência em tracção longitudinal;
- $P$  [N] : peso de 10 metros para os produtos em rolo ou 3 painéis, com a mesma espessura e largura que os provetes de ensaio;
- $D$  [m] : deformação por peso próprio (afastamento, em suspensão, de 0,35 m do provete em relação a um plano de referência);
- $R_t$  [MPa] : resistência por tracção perpendicular às faces;
- $A_r$  [%] : alongamento à rotura.

### 3.2.5 Permeabilidade ao vapor de água – E

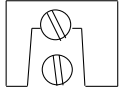
Segundo a permeância ao vapor de água dos materiais podemos classificá-los em cinco níveis (Quadro 10).

Quadro 10 – Níveis de Permeância ao vapor de água

NÍVEL	PERMEÂNCIA – $P_e = \pi/e$ [kg/(m <sup>2</sup> ·s·Pa)] <sup>(*)</sup>
E <sub>1</sub>	$P_e > 6,25 \times 10^{-10}$
E <sub>2</sub>	$1,25 \times 10^{-10} < P_e \leq 6,25 \times 10^{-10}$
E <sub>3</sub>	$3,13 \times 10^{-11} < P_e \leq 1,25 \times 10^{-10}$
E <sub>4</sub>	$2,08 \times 10^{-12} < P_e \leq 3,13 \times 10^{-11}$
E <sub>5</sub>	$P_e \leq 2,08 \times 10^{-12}$
(*) $1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}) = 4,800 \times 10^8 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg})$ $e$ espessura do isolante [m]	

### 3.3 POSSIBILIDADES EXPERIMENTAIS DO LABORATÓRIO DE FÍSICA DAS CONSTRUÇÕES DA FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

O Laboratório de Física das Construções encontra-se equipado para desenvolver quase todos os ensaios requeridos na certificação preconizada, nomeadamente a resistência térmica, a compressibilidade e a permeabilidade ao vapor.



## 4. MANUAL EXIGENCIAL

---

### 4.1 O QUE É UM MANUAL EXIGENCIAL E SUA IMPORTÂNCIA

Na construção tradicional a escolha dos materiais e a tecnologia de construção eram completamente definidos, *a priori*, em especificações prescritivas. Na construção moderna, pelo contrário, a diversidade de produtos exige uma descrição do desempenho a atingir pelas soluções adoptadas. O desempenho define a aptidão do sistema às diversas exigências.

Por isso, torna-se necessário conhecer as características dos produtos de forma a compatibilizar o desempenho exigível à solução.

É conveniente criar um instrumento que permita a ligação entre o desempenho exigido às soluções e as características dos produtos. Esse instrumento será o manual exigencial que definirá as exigências a satisfazer por cada produto, de forma a cumprir o desempenho pretendido para a solução em estudo. Os manuais exigenciais permitirão uma evolução dos cadernos de encargos, no sentido de se tornarem exigenciais e não prescritivos.

### 4.2 PROPOSTA DE UM MANUAL EXIGENCIAL PARA SELECÇÃO DE ISOLANTES TÉRMICOS

Propomos nesta Nota de Informação Técnica um manual exigencial de selecção de isolantes térmicos para a realidade portuguesa, tendo em conta as características da envolvente. Obviamente que esta primeira versão terá de ser simples, de modo que a consulta seja fácil, rápida e concisa. Futuramente, a proposta de manual poderá sofrer alterações, adaptando-se à evolução tecnológica e à experiência adquirida.

É de referir que, na generalidade, as soluções de isolamento da envolvente não fazem parte de soluções construtivas tradicionais pelo que se justifica a homologação dos sistemas de acordo com o art.º 17 do RGEU.

O manual proposto tem a seguinte estrutura:

- descrição das soluções correntes da envolvente dos edifícios em Portugal (Figuras 9 a 11);
- descrição das exigências a satisfazer pelo isolante térmico em função da solução construtiva (Quadros 11 a 13);
- definição da resistência térmica do isolante em função do nível de qualidade térmica adoptado para a envolvente (Quadros 19 a 27).







O manual apresentado foi elaborado com base na experiência francesa, tendo sido adaptado em função da tecnologia corrente em Portugal.

Os Quadros 11 a 13 definem as várias soluções construtivas referenciadas nas figuras 9 a 11 e indicam os níveis mínimos de aptidão de utilização dos isolantes a aplicar.

Quadro 11 – Níveis mínimos de aptidão de utilização dos isolantes térmicos em paredes

N.º	SOLUÇÃO	I	S	O	L	E
<b>Paredes simples com isolante interior (a)</b>						
1	Complexo com isolante contínuo:					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• complexo pré-fabricado</li> <li>• complexo executado <i>in situ</i></li> </ul>	1 1	2 2	2 2	3 3	2 ou 3 (c) 2 ou 3 (c)
<b>Paredes simples com isolante exterior</b>						
2	Revestimento independente descontínuo – <i>Bardage</i>	1	1	2	2	1
3	Revestimento delgado sobre poliestireno expandido	2	4	3	4	2
<b>Paredes duplas com isolante na caixa de ar</b>						
4	Isolante preenchendo parcialmente a caixa de ar	1	1 ou 2 (d)	2	2	(b)
5	Isolante preenchendo totalmente a caixa de ar	1	1 ou 2 (d)	3	2	(b)
<b>Paredes enterradas</b>						
6	Isolante exterior em contacto com o terreno	3	1	3	3	1
(a) – Consultar Quadro 14 – Espessuras mínimas recomendadas para paredes de fachada com isolamento térmico (b) – Consultar Quadro 15 – Exigência de permeância ( <i>E</i> ) dos isolantes térmicos em função da higrometria dos locais interiores (c) – $E_3$ em zonas $I_3$ do RCCTE e de forte higrometria (consultar Quadro 15) (d) – É recomendável o nível $S_2$						

Quadro 12 – Níveis mínimos de aptidão de utilização de isolantes térmicos em coberturas.

N.º	SOLUÇÃO	I	S	O	L	E
<b>Coberturas horizontais em terraço com isolante exterior</b>						
7	Isolante sob sistema de impermeabilização	(a)	3	2	3	2 (b)
8	Cobertura invertida ajardinada ou acessível a pessoas	(a)	2	3	4	2
<b>Coberturas inclinadas – desvão não acessível, ventilado e com isolante sobre laje horizontal</b>						
9	Isolante sobre laje horizontal	1	1	1	1	1
<b>Coberturas inclinadas – desvão com acessibilidade limitada a arrumos sem condições de habitabilidade, ventilado e com isolante sobre laje horizontal</b>						
10	Isolante sobre laje horizontal de betão armado com protecção contínua	(a)	1	2	2	(c)
11	Isolamento sobre laje horizontal de betão armado com protecção fraccionada	(a)	1	1	1	2
<b>Coberturas inclinadas com isolante nas vertentes</b>						
12	Isolante interior contínuo associado à estrutura descontínua	1	1	1	1	1
13	Isolante exterior sobre laje inclinada (e)	3	1	2	2	1
<b>Coberturas metálicas</b>						
14	Isolante sob revestimento metálico	1	1	1	1	3 a 4 (d)
15	Isolante sobre revestimento metálico e protegido pela impermeabilização	3	3	2	3	2 (b)
(a) – Consultar Quadro 16 – Exigências de compressibilidade ( <i>I</i> ) dos isolantes térmicos em função da carga a que estão sujeitos (b) – Prever pára-vapor sob o isolante (c) – Consultar Quadro 15 – Exigência de permeância ( <i>E</i> ) dos isolantes térmicos em função da higrometria dos locais interiores. No caso do isolante térmico não possuir um nível da exigência <i>E</i> suficiente, prever um pára-vapor de permeância equivalente sob o isolante (d) – No caso de ventilação fraca, prever um pára-vapor de permeância equivalente sob o isolante (e) – Ventilação obrigatória do espaço de ar						

Quadro 13 – Níveis mínimos de aptidão de utilização dos isolantes térmicos em pavimentos

N.º	SOLUÇÃO	I	S	O	L	E
<b>Pavimentos sobre espaços exteriores e interiores não aquecidos com isolante exterior</b>						
16	Tecto falso com isolante na caixa de ar	1	1	1	1	(a)
17	Isolante fixado directamente ao pavimento (fixação mecânica)	1	1	1	2	1
<b>Pavimentos sobre espaços exteriores e interiores não aquecidos com isolante interior</b>						
18	Isolante interior entre a laje e o revestimento	(b)	1	2	2	(f)
<b>Pavimentos térreos</b>						
19	Isolante sob laje armada (c)	(b)	1	2	2	1 (e)
20	Isolante sob laje armada em câmaras frigoríficas (c)	(d)	1	2	2	1 (e)
(a) – Consultar Quadro 15 – Exigência de permeância (E) dos isolantes térmicos em função da higrometria dos locais interiores (b) – Consultar Quadro 16 – Exigências de compressibilidade (I) dos isolantes térmicos em função da carga a que estão sujeitos (c) – É recomendável a aplicação do isolante ao nível de todo o pavimento (d) – Tem que respeitar NF P 75-401-1 (e) – Prever pára-vapor sobre o isolante (habitação) e sob o isolante (câmaras frigoríficas) (f) – Consultar Quadro 15 – Exigência de permeância (E) dos isolantes térmicos em função da higrometria dos locais interiores. Prever pára-vapor sobre e sob o isolante de modo a prevenir situações de inversão de fluxo						

Os Quadros 14 a 16 pretendem fornecer a seguinte informação:

- espessuras mínimas recomendadas para paredes de fachada com isolamento térmico (Quadro 14);
- exigência de permeância (E) dos isolantes térmicos em função da higrometria dos locais interiores (Quadro 15);
- exigência de compressibilidade (I) dos isolantes térmicos em função da carga a que estão sujeitos (Quadro 16).

Quadro 14 – Espessuras mínimas recomendadas para paredes de fachada com isolamento térmico

ENVOLVENTE	TIJOLO (*) [cm]	BETÃO [cm]	BLOCO (*) [cm]
Parede simples: isolante interior	22	15 – 20	25
Parede simples: isolante exterior	22	15 – 20	20
Parede dupla: espessura do pano exterior	15	15	20
(*) Os tijolos e blocos devem ser caracterizados no que diz respeito à estabilidade dimensional (solicitação temperatura e humidade)			

Quadro 15 – Exigência de permeância ( $E$ ) dos isolantes térmicos em função da higrometria dos locais interiores

HIGROMETRIA	TIPO DE LOCAIS	EXIGÊNCIA $E$
Fraca: $\omega/(n \cdot V) \leq 2,5 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ (*)	Escritórios, escolas e ginásios	$E_2$
Média: $2,5 < \omega/(n \cdot V) \leq 5,0 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$	Habitacões não sobreocupadas e correctamente ventiladas	$E_3$
Forte: $5,0 < \omega/(n \cdot V) \leq 7,5 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$	Habitacões com ventilação deficiente e indústrias	$E_4$
Muito Forte: $\omega/(n \cdot V) > 7,5 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$	Piscinas e certos locais industriais	Requer estudo especializado
(*) $\omega$ [kg/h] : produção de vapor no interior; $n$ [h <sup>-1</sup> ] : número de renovações horárias; $V$ [m <sup>3</sup> ] : volume interior.		

Quadro 16 – Exigências de compressibilidade ( $I$ ) dos isolantes térmicos em função da carga a que estão sujeitos

CARGA TOTAL (*)	EXIGÊNCIA $I$
Carga $\leq 5 \text{ kN/m}^2$	$I_3$
$5 \text{ kN/m}^2 < \text{Carga} \leq 10 \text{ kN/m}^2$	$I_4$
Carga $> 10 \text{ kN/m}^2$	$I_5$
(*) A carga total inclui peso próprio e sobrecarga, excluindo qualquer factor majorativo	

Para além das **exigências mínimas ISOLE** torna-se necessário especificar, para cada solução da envolvente-tipo, **a resistência térmica recomendada para o isolamento térmico**. As características **ISOLE** e **R** serão descritas na etiquetagem dos materiais certificados de forma a possibilitar uma comparação com o especificado no caderno de encargos.

São propostos quatro níveis de qualidade térmica para a envolvente dos edifícios que serão definidos em função dos coeficientes de transmissão térmica de referência preconizados no RCCTE (Quadro 17).

Quadro 17 – Coeficientes de transmissão térmica de referência ( $K_{ref}$ ) [W/(m<sup>2</sup>·°C)]

ELEMENTO DE CONSTRUÇÃO	ZONAS CLIMÁTICAS		
	$I_1$	$I_2$	$I_3$
Paredes em contacto com espaços exteriores	1,40	1,20	0,95
Paredes em contacto com espaços interiores não aquecidos	1,85	1,60	1,25
Coberturas e pavimentos em contacto com espaços exteriores	1,10	0,85	0,75
Coberturas e pavimentos em contacto com espaços interiores não aquecidos	1,45	1,15	1,00

Os níveis de qualidade propostos são os definidos no Quadro 18.

Quadro 18 – Níveis de qualidade térmica da envolvente opaca

NÍVEIS DE QUALIDADE	$X = K/K_{ref}$
N <sub>1</sub>	$X > 0,9$
N <sub>2</sub>	$0,7 < X \leq 0,9$
N <sub>3</sub>	$0,5 < X \leq 0,7$
N <sub>4</sub>	$X \leq 0,5$

A resistência térmica dos isolantes proposta para os quatro níveis de qualidade encontra-se definida nos Quadros 19 a 27 e foi obtida a partir de valores do coeficiente de transmissão térmica especificado no ITE 28, utilizando as soluções construtivas mais usuais. A resistência térmica do isolante é definida em função da zona climática e da composição da envolvente exterior e interior (zonas em contacto com espaços não aquecidos). Adoptou-se um valor mínimo de 0,5 m<sup>2</sup>.°C/W.

A determinação da resistência térmica do isolante pressupõe:

- 1.º definição do nível de qualidade térmica desejado para a envolvente do edifício em estudo;
- 2.º definição da zona climática do edifício de acordo com o RCCTE;
- 3.º consulta dos quadros correspondentes a cada solução da envolvente e obtenção da resistência térmica de acordo com o nível de qualidade térmica adoptado (Quadros 19 a 27).

Nos quadros seguintes indica-se a resistência térmica do isolante em função da configuração, zona climática e nível de qualidade da envolvente, para várias configurações de paredes, coberturas e pavimentos da envolvente, referenciadas nas Figuras 9, 10 e 11.

Quadro 19 – Valores-tipo da resistência térmica do isolamento para paredes simples com isolante interior

N.º	SOLUÇÃO	ZONA CLIMÁTICA	NÍVEL DE QUALIDADE			
			N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>
ENVOLVENTE EXTERIOR						
1	Complexo com isolante contínuo e caixa de ar (alvenaria de tijolo)	I <sub>1</sub>			0,50	1,00
		I <sub>2</sub>		0,50	0,60	1,30
		I <sub>3</sub>		0,50	0,95	1,85
1	Complexo com isolante contínuo e caixa de ar (alvenaria de betão)	I <sub>1</sub>		0,50	0,75	1,35
		I <sub>2</sub>	0,50	0,60	0,95	1,65
		I <sub>3</sub>	0,60	0,85	1,30	2,20
ENVOLVENTE INTERIOR						
1	Complexo com isolante contínuo e caixa de ar (alvenaria de tijolo)	I <sub>1</sub>				0,50
		I <sub>2</sub>			0,50	0,70
		I <sub>3</sub>			0,50	1,10
1	Complexo com isolante contínuo e caixa de ar (alvenaria de betão)	I <sub>1</sub>			0,50	0,80
		I <sub>2</sub>			0,50	1,05
		I <sub>3</sub>		0,50	0,80	1,50

Quadro 20 – Valores-tipo da resistência térmica do isolamento para paredes simples com isolante exterior

N.º	SOLUÇÃO	ZONA CLIMÁTICA	NÍVEL DE QUALIDADE			
			N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>
ENVOLVENTE EXTERIOR						
2	Revestimento independente descontínuo – <i>Bardage</i>	l <sub>1</sub>			0,50	1,10
		l <sub>2</sub>		0,50	0,70	1,40
		l <sub>3</sub>	0,50	0,65	1,05	1,95
3	Revestimento delgado sobre poliestireno expandido	l <sub>1</sub>		0,50	0,55	1,15
		l <sub>2</sub>		0,50	0,75	1,45
		l <sub>3</sub>	0,50	0,70	1,15	2,00

Quadro 21 – Valores-tipo da resistência térmica do isolamento para paredes duplas com isolante na caixa de ar

N.º	SOLUÇÃO	ZONA CLIMÁTICA	NÍVEL DE QUALIDADE			
			N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>
ENVOLVENTE EXTERIOR						
4	Isolante preenchendo parcialmente a caixa de ar	l <sub>1</sub>			0,50	0,95
		l <sub>2</sub>		0,50	0,55	1,25
		l <sub>3</sub>		0,50	0,90	1,80
5	Isolante preenchendo totalmente a caixa de ar	l <sub>1</sub>			0,50	0,95
		l <sub>2</sub>		0,50	0,55	1,25
		l <sub>3</sub>		0,50	0,90	1,80
ENVOLVENTE INTERIOR						
4	Isolante preenchendo parcialmente a caixa de ar	l <sub>1</sub>				0,50
		l <sub>2</sub>			0,50	0,65
		l <sub>3</sub>			0,50	1,10
5	Isolante preenchendo totalmente a caixa de ar	l <sub>1</sub>				0,50
		l <sub>2</sub>			0,50	0,65
		l <sub>3</sub>			0,50	1,10

Para as paredes enterradas com isolante exterior, a resistência térmica a adoptar é a correspondente a uma espessura total de 3 cm de isolamento.

Quadro 22 – Valores-tipo da resistência térmica do isolamento para coberturas horizontais em terraço com isolante exterior

N.º	SOLUÇÃO	ZONA CLIMÁTICA	NÍVEL DE QUALIDADE			
			N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>
ENVOLVENTE EXTERIOR						
7	Isolante sob sistema de impermeabilização	l <sub>1</sub>		0,50	0,75	1,50
		l <sub>2</sub>	0,50	0,70	1,20	2,15
		l <sub>3</sub>	0,55	0,90	1,45	2,55
8	Cobertura invertida ajardinada ou acessível a pessoas	l <sub>1</sub>		0,50	0,75	1,50
		l <sub>2</sub>	0,50	0,70	1,20	2,15
		l <sub>3</sub>	0,55	0,90	1,45	2,55

Quadro 23 – Valores-tipo da resistência térmica do isolamento para coberturas inclinadas com isolante sobre laje horizontal – desvão ventilado

N.º	SOLUÇÃO	ZONA CLIMÁTICA	NÍVEL DE QUALIDADE			
			N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>
ENVOLVENTE EXTERIOR						
9	Isolante sobre laje horizontal (desvão não acessível)	l <sub>1</sub>	0,50	0,70	1,10	1,85
		l <sub>2</sub>	0,75	1,05	1,55	2,50
		l <sub>3</sub>	0,90	1,25	1,80	2,90
10	Isolante sobre laje horizontal de betão armado com protecção contínua (acessibilidade limitada a arrumos)	l <sub>1</sub>	0,50	0,65	1,05	1,80
		l <sub>2</sub>	0,70	1,00	1,50	2,45
		l <sub>3</sub>	0,85	1,20	1,75	2,85
11	Isolante sobre laje horizontal de betão armado com protecção fraccionada (acessibilidade limitada a arrumos)	l <sub>1</sub>	0,50	0,70	1,10	1,85
		l <sub>2</sub>	0,75	1,05	1,55	2,50
		l <sub>3</sub>	0,90	1,25	1,80	2,90

Quadro 24 – Valores-tipo da resistência térmica do isolamento para coberturas inclinadas com isolante nas vertentes

N.º	SOLUÇÃO	ZONA CLIMÁTICA	NÍVEL DE QUALIDADE			
			N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>
ENVOLVENTE EXTERIOR						
12	Isolante interior contínuo associado à estrutura descontínua	l <sub>1</sub>	0,70	0,90	1,30	2,05
		l <sub>2</sub>	0,95	1,25	1,75	2,70
		l <sub>3</sub>	1,10	1,45	2,00	3,10
13	Isolante exterior sobre laje inclinada	l <sub>1</sub>	0,50	0,75	1,10	1,85
		l <sub>2</sub>	0,75	1,05	1,55	2,55
		l <sub>3</sub>	0,95	1,25	1,80	2,95

Quadro 25 – Valores-tipo da resistência térmica do isolamento para coberturas metálicas

N.º	SOLUÇÃO	ZONA CLIMÁTICA	NÍVEL DE QUALIDADE			
			N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>
ENVOLVENTE EXTERIOR						
14	Isolante sob revestimento metálico	l <sub>1</sub>	0,50	0,75	1,10	1,85
		l <sub>2</sub>	0,75	1,05	1,55	2,55
		l <sub>3</sub>	0,95	1,25	1,80	2,95
15	Isolante sobre revestimento metálico e protegido pela impermeabilização	l <sub>1</sub>	0,50	0,75	1,10	1,85
		l <sub>2</sub>	0,75	1,05	1,55	2,55
		l <sub>3</sub>	0,95	1,25	1,80	2,95

Quadro 26 – Valores-tipo da resistência térmica do isolamento para pavimentos sobre espaços exteriores/interiores com isolante exterior

N.º	SOLUÇÃO	ZONA CLIMÁTICA	NÍVEL DE QUALIDADE			
			N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>
ENVOLVENTE EXTERIOR						
16	Tecto falso com isolante na caixa de ar	l <sub>1</sub>	0,50	0,60	0,95	1,75
		l <sub>2</sub>	0,65	0,95	1,40	2,40
		l <sub>3</sub>	0,80	1,15	1,70	2,80
17	Isolante fixado directamente ao pavimento (fixação mecânica)	l <sub>1</sub>	0,50	0,75	1,10	1,85
		l <sub>2</sub>	0,75	1,05	1,55	2,55
		l <sub>3</sub>	0,95	1,25	1,80	2,95
ENVOLVENTE INTERIOR						
16	Tecto falso com isolante na caixa de ar	l <sub>1</sub>			0,50	1,10
		l <sub>2</sub>		0,50	0,80	1,55
		l <sub>3</sub>	0,50	0,60	1,05	1,85
17	Isolante fixado directamente ao pavimento (fixação mecânica)	l <sub>1</sub>		0,50	0,65	1,25
		l <sub>2</sub>	0,50	0,60	0,95	1,70
		l <sub>3</sub>	0,50	0,75	1,15	2,00

Quadro 27 – Valores-tipo da resistência térmica do isolamento para pavimentos sobre espaços exteriores/interiores com isolante interior

N.º	SOLUÇÃO	ZONA CLIMÁTICA	NÍVEL DE QUALIDADE			
			N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>
ENVOLVENTE EXTERIOR						
18	Isolante interior entre a laje e o revestimento	I <sub>1</sub>	0,55	0,75	1,15	1,90
		I <sub>2</sub>	0,80	1,10	1,60	2,55
		I <sub>3</sub>	0,95	1,30	1,85	2,95
ENVOLVENTE INTERIOR						
18	Isolante interior entre a laje e o revestimento	I <sub>1</sub>	0,55	0,50	0,70	1,25
		I <sub>2</sub>	0,50	0,60	1,00	1,70
		I <sub>3</sub>	0,55	0,80	1,20	2,05

Para pavimentos térreos com isolante sob a laje armada, a resistência térmica a adoptar neste caso é a correspondente a uma espessura total de 3 cm. No entanto, nas zonas climáticas I<sub>1</sub> e I<sub>2</sub> definidas no RCCTE, o isolamento pode ser dispensado.

#### 4.3 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MANUAL EXIGENCIAL PRECONIZADO

Para um conhecimento mais pormenorizado do funcionamento da certificação e do manual preconizados apresenta-se de seguida um exemplo de aplicação referente a uma habitação unifamiliar (Figuras 12 e 13). O exemplo apresentado poderá ser facilmente extrapolado para casos mais “complexos”.





As soluções da envolvente adoptadas na habitação descritas no Quadro 28. O número inserido na 1.ª coluna corresponde à referência da solução especificada nas Figuras 9 a 11.

Quadro 28 – Soluções da envolvente da moradia em estudo

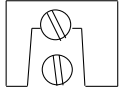
N.º	ENVOLVENTE	SOLUÇÃO
4	Paredes exteriores	Duplas com isolante preenchendo parcialmente a caixa de ar
5	Paredes interiores	Duplas com isolante preenchendo totalmente a caixa de ar
8	Cobertura em terraço	Invertida
9	Cobertura em desvão não acessível	Isolante sobre laje horizontal
13	Cobertura inclinada	Isolante sobre laje inclinada
18	Pavimento sobre espaço interior	Isolante interior
19	Pavimento térreo	Isolante sob laje armada

A moradia localiza-se nas zonas climáticas I<sub>2</sub> – V<sub>2</sub> (RCCTE), tendo-se adoptado para a envolvente o nível de qualidade térmica N<sub>2</sub> (Quadro 18).

As características finais dos isolamentos térmicos (*R* e *ISOLE*), a incluir no caderno de encargos, seriam as constantes do Quadro 29.

Quadro 29 – Exigências dos isolantes para a envolvente do edifício estudado

N.º	SOLUÇÃO	QUADROS CONSULTADOS		EXIGÊNCIAS MÍNIMAS					R. TÉRMICA do ISOLANTE
		ISOLE	R. Térmica	I	S	O	L	E	[m <sup>2</sup> .°C/W]
4	Paredes exteriores	11	21	1	2	2	2	3	$R \geq 0,50$
		14							
		15							
5	Paredes interiores	11	21	1	2	3	2	3	$R \geq 0,50$
		14							
		15							
8	Cobertura invertida	12	22	4	2	3	4	2	$R \geq 0,70$
		16							
9	Cobertura em desvão não acessível	12	23	1	1	1	1	1	$R \geq 1,05$
13	Cobertura inclinada	12	24	3	1	2	2	1	$R \geq 1,05$
18	Pavimento sobre espaço interior	13	27	3	1	2	2	3	$R \geq 0,60$
		15							
		16							
19	Pavimento térreo	13		4	1	2	2	1	—
		16							



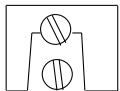
## 5. CONCLUSÕES

---

A adopção de uma metodologia exigencial de selecção de isolantes térmicos conduz a um processo racional de escolha dos materiais.

A utilização de um manual exigencial, além de facilitar a escolha tecnológica dos isolantes, minimiza a possibilidade de utilização de produtos mal adaptados às solicitações a que estão sujeitos, geradoras de potenciais patologias.

Pela análise do exemplo estudado pode verificar-se que se trata de uma metodologia de fácil aplicação com evidentes vantagens para produtores, projectistas, comerciantes, construtores e aplicadores.



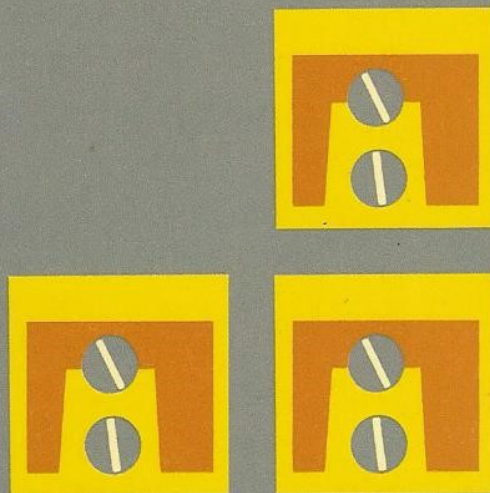
## 6. BIBLIOGRAFIA

---

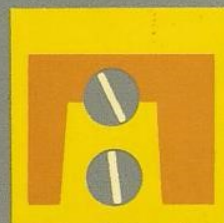
1. Abrantes, Vitor; Freitas, Vasco Peixoto de, *O Isolamento Térmico da Envolvente dos Edifícios Face ao Novo Regulamento*, Dow Portugal, 1993.
2. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE), *ASHRAE Handbook, Refrigeration – Systems and Applications*, Atlanta, ASHRAE, 1994.
3. Association Française de Normalisation (AFNOR), *Isolation Thermique des Locaux et Bâtiments Frigorifiques*, NF P 75–401–1, Paris, AFNOR, 1994.
4. Association pour la Certification des Matériaux Isolants (ACERMI), *Certification ACERMI – Exemples d’Usages des Propriétés Certifiées*, Cahiers du CSTB 2849, Livraison 364, Novembre 1995, Paris, CSTB, 1995.
5. Association pour la Certification des Matériaux Isolants (ACERMI), *Règlement Technique du Certificat de Qualification des Produits Manufacturés Isolants Thermiques des Bâtiments*, Paris, ACERMI, 1992.
6. Comissão Termica do COMAPI, *Guide Pratique de l’Isolation Thermique des Bâtiments*, Collection du Comité Français de L’Isolation, Paris, Editions Eyrolles, 1977.
7. Freitas, Vasco Peixoto de, *Comportamento à Humidade da Envolvente dos Edifícios*, Comunicação às 2.<sup>as</sup> Jornadas de Física e Tecnologia de Edifícios – FEUP, Porto, 1986.
8. Freitas, Vasco Peixoto de; Abrantes, Vitor, *Certificação e Etiquetagem de Materiais de Isolamento Térmico*, Comunicação ao 2.º Encontro Nacional Sobre Qualidade na Construção – LNEC, Lisboa, 1990.
9. Gomes, R. José, *Coberturas em Terraço*, ITE 1, Lisboa, LNEC, 1968.

10. Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), *Estudo de Isolantes Térmicos a Granel*, Relatório 136/89 – NCCT, Lisboa, LNEC, 1989.
11. Lopes, J. Grandão, *Revestimentos de Impermeabilização de Coberturas em Terraço*, ITE 34, Lisboa, LNEC, 1994.
12. Paiva, Vasconcelos, *Disciplina 8 – Materiais Não-Estruturais, Cap. 5 – Isolantes Térmicos*, 2.º Curso de Mestrado em Construção de Edifícios – FEUP, Porto, 1987–1988.
13. Pinto, Manuel, *Metodologia para a Definição Exigencial de Isolantes Térmicos*, Dissertação de Mestrado Submetida à FEUP, Porto, 1996.
14. *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)*, DL n.º 40/90, de 6 de Fevereiro.
15. Santos, Pina, *Materiais a Granel no Isolamento Térmico de Edifícios*, Comunicação às 3.ªs Jornadas de Física e Tecnologia de Edifícios – IST, Lisboa, 1988.
16. Santos, Pina, *Materiais Granulares Leves no Isolamento Térmico de Edifícios – Estudo Experimental da sua Viabilidade e Desempenho*, Dissertação de Doutoramento Submetida ao IST, Lisboa, 1993.
17. Santos, Pina; Paiva, Vasconcelos, *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*, ITE 28, Lisboa, LNEC, 1990.
18. Tirone, Nicolau, *Isole Bem – Isole com Vantagens*, Lisboa, Associação de Controlo de Qualidade de Espumas de Poliestireno Expandido (ACEPE).
19. Vaz, M. G. Almeida, *Estudo da Permeabilidade ao Vapor de Água em Materiais de Construção*, Trabalho de Investigação Desenvolvido no Laboratório de Física das Construções – FEUP, Porto, 1995.

COM O APOIO  
DA JNICT



LABORATÓRIO DE FÍSICA DAS CONSTRUÇÕES  
SECÇÃO DE CONSTRUÇÕES CIVIS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO  
RUA DOS BRAGAS • 4050-123 PORTO  
TEL.: 22 204 19 29 • FAX: 22 204 19 40



ISBN 972 - 752 - 037 - 5  
DEPOSITO LEGAL N.º 152 622 / 00