

Norma Portuguesa

NP
EN 1745
2005

Alvenarias e elementos de alvenaria Métodos para determinação de valores térmicos de cálculo

Maçonnerie et éléments de maçonnerie
Détermination des valeurs thermiques de calcul

Masonry and masonry products
Methods for determining design thermal values

ICS
91.080.30; 91.120.10

DESCRITORES
Blocos para edifícios; materiais de construção; trabalho de alvenaria; pedra; projecto; resistência térmica; cálculos matemáticos; bibliografia

CORRESPONDÊNCIA
Versão portuguesa da EN 1745:2002

HOMOLOGAÇÃO
Termo de Homologação N.º 138/2005, de 2005-08-16

ELABORAÇÃO
(IPQ)

EDIÇÃO
Março de 2006

CÓDIGO DE PREÇO
X015

© IPQ reprodução proibida

Instituto Português da  Qualidade

Rua António Gião, 2
PT - 2829-513 CAPARICA PORTUGAL

Tel. (+ 351) 21 294 81 00 *E-mail: ipq@mail.ipq.pt*
Fax. (+ 351) 21 294 81 01 *URL: www.ipq.pt*

em branco

ICS: 91.080.30;91.120.10

Versão portuguesa

Alvenaria e elementos de alvenaria
Métodos para determinação de valores térmicos de cálculo

Mauerwerk und
Mauerwerksprodukte
Verfahren zur Ermittlung von
Wärmeschutzrechenwerten

Maçonnerie et éléments de
maçonnerie
Détermination des valeurs
thermiques de calcul

Masonry and masonry
products
Methods for determining
design thermal values

A presente Norma é a versão portuguesa da Norma Europeia EN 1745:2002, e tem o mesmo estatuto que as versões oficiais. A tradução é da responsabilidade do Instituto Português da Qualidade.

Esta Norma Europeia foi ratificada pelo CEN em 2000-09-15.

Os membros do CEN são obrigados a submeter-se ao Regulamento Interno do CEN/CENELEC que define as condições de adopção desta Norma Europeia, como norma nacional, sem qualquer modificação.

Podem ser obtidas listas actualizadas e referências bibliográficas relativas às normas nacionais correspondentes junto do Secretariado Central ou de qualquer dos membros do CEN.

A presente Norma Europeia existe nas três versões oficiais (alemão, francês e inglês). Uma versão noutra língua, obtida pela tradução, sob responsabilidade de um membro do CEN, para a sua língua nacional, e notificada ao Secretariado Central, tem o mesmo estatuto que as versões oficiais.

Os membros do CEN são os organismos nacionais de normalização dos seguintes países: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Irlanda, Islândia, Itália, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Baixos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suécia e Suíça.

CEN

Comité Européen de Normalização
Europäisches Komitee für Normung
Comité Européen de Normalisation
European Committee for Standardization

Secretariado Central: rue de Stassart 36, B-1050 Bruxelas

Índice	Página
Preâmbulo	6
Introdução	7
1 Objectivo e campo de aplicação	8
2 Referências normativas	8
3 Termos, definições e símbolos	9
3.1 Termos e definições.....	9
3.2 Símbolos	10
4 Procedimentos para determinar valores térmicos de cálculo de unidades maciças de alvenaria e argamassas	10
4.1 Generalidades	10
4.2 Valores λ de base para unidades maciças de alvenaria e argamassas.....	11
4.2.1 Valores λ tabelados (determinação baseada apenas na relação λ –massa volúmica)	11
4.2.2 Valores λ medidos (determinação baseada na relação λ – massa volúmica e em ensaios de tipo inicial de λ)	11
4.3 Valores de cálculo R_V ou λ_V para unidades maciças de alvenarias e argamassas	13
5 Procedimentos para determinar os valores térmicos de cálculo (R_U ou λ_U equivalente) de alvenarias construídas com unidades maciças de alvenaria e argamassa	13
5.1 Ensaios de medição	13
5.2 Métodos de cálculo	14
5.2.1 Generalidades	14
5.2.2 Cálculo numérico.....	14
5.2.3 Cálculo simplificado.....	14
6 Procedimento de determinação de valores térmicos de cálculo (R_U ou λ_U equivalente) para unidades de alvenaria com furação moldada e unidades compósitas de alvenaria e para paredes construídas com essas unidades e argamassa	14
6.1 Generalidades	14
6.2 Valores R_U e λ_U equivalente de unidades de alvenaria com furação moldada e unidades compósitas de alvenaria	15

6.3 Valores R_U e λ_U equivalente de alvenaria construída a partir de unidades de alvenaria com furação moldada e unidades compósitas de alvenaria.....	15
6.3.1 Valores tabelados	15
6.3.2 Ensaio de medição	17
6.3.3 Métodos de cálculo.....	17
7 Determinação do coeficiente de transmissão térmica de alvenarias.....	17
Anexo A (normativo) Valores tabelados $\lambda_{10,seco}$ de materiais utilizados em produtos de alvenaria e produtos de argamassas.....	18
Anexo B (informativo) Valores de base tabelados R ou λ equivalente de alvenaria construída a partir de unidades com furação moldada	24
Anexo C (informativo) Exemplo de utilização dos quadros do Anexo B.....	46
Anexo D (normativo) Requisitos para os procedimentos de cálculo adoptados	47
D.1 Capacidade do programa.....	47
D.2 Dados de entrada e resultados.....	47
D.3 Verificação da exactidão do programa.....	48
D.4 Casos de referência.....	48
Anexo E (normativo) Avaliação da conformidade dos valores λ ou R.....	55
E.1 Generalidades.....	55
E.2 Ensaio térmico de tipo inicial de um produto	55
E.3 Controlo de produção em fábrica	55
E.3.1 Controlo de produto acabado – baseado em valores tabelados.....	55
E.3.2 Controlo de produto acabado – baseado em medições.....	55
Anexo ZA (informativo) Desvios tipo A.....	57
Bibliografia	59

Preâmbulo

Esta Norma Europeia EN 1745:2002 foi preparada pelo Comité Técnico CEN/TC 125 “Masonry”, cujo secretariado é assegurado pelo BSI.

A esta Norma Europeia deve ser atribuído o estatuto de Norma Nacional, quer seja através da publicação de um texto idêntico, quer seja por adopção, o mais tardar até Outubro de 2002, e as Normas Nacionais divergentes devem ser anuladas o mais tardar até Outubro de 2002.

Esta Norma Europeia foi elaborada no âmbito dum mandato atribuído ao CEN pela Comissão Europeia e Associação Europeia de Comércio Livre e vem apoiar requisitos essenciais de Directiva(s) EU.

Os Anexos A, D e E são normativos. Os Anexos B e C são informativos.

As seguintes secções desta Norma estão sujeitas a desvio do tipo A resultante de uma solicitação da França:

4.1, 4.2.1, 4.2.2.4, 4.3, 5.1, 5.2.1, 6.2 e 6.3.1.2.

São apresentados mais pormenores sobre o desvio do tipo A no Anexo ZA (informativo).

De acordo com o Regulamento Interno do CEN/CENELEC, são obrigados a implementar a presente Norma Europeia os organismos nacionais de normalização dos seguintes países: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Irlanda, Islândia, Itália, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Baixos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suécia e Suíça.

Introdução

Esta Norma fornece regras para determinação de valores de cálculo para condutibilidade térmica e resistência térmica quer de alvenarias, quer de produtos de alvenaria.

Também descreve como se determinam os valores de base para determinação de valores térmicos de cálculo e também os métodos de cálculo para obter valores de projecto a partir de valores de base. Abrange unidades maciças de alvenaria (secções 4 e 5) e unidades de alvenaria com furação moldada e unidades compósitas de alvenaria (secção 6).

São apresentados três procedimentos para determinação da resistência térmica e/ou condutibilidade térmica. Esses procedimentos são:

- Usar valores tabelados λ – e/ou R .
- Medir o valor λ – e/ou R .
- Calcular o valor λ equivalente – e/ou R .

São considerados os principais tipos dos diferentes produtos de alvenaria:

- Unidades maciças de alvenaria.
- Unidades de alvenaria com furação moldada.
- Unidades compósitas de alvenaria.

O **valor de cálculo** de uma característica de um produto é o valor determinado para aplicação específica e para utilização em cálculos.

Os valores térmicos de cálculo são determinados de acordo com o procedimento apresentado nesta Norma, pelo utilizador/projectista e entidades oficiais com autoridade na construção civil atendendo à aplicação prevista, às condições ambientais e climáticas, considerando os objectivos desta determinação, tais como:

- consumos de energia;
- concepção de equipamentos de aquecimento e arrefecimento;
- determinação de temperaturas superficiais;
- conformidade com regulamentos nacionais da construção;
- consideração das condições de estado térmico não estabilizadas nos edifícios.

Um produto de construção específico pode ter diferentes valores térmicos de projecto, segundo a aplicação prevista. Normalmente os produtores/distribuidores devem fornecer os valores de cálculo dos seus produtos.

1 Objectivo e campo de aplicação

Esta Norma Europeia especifica procedimentos para determinar valores térmicos de cálculo (resistência térmica e/ou condutibilidade térmica) de alvenarias e unidades de alvenaria.

2 Referências normativas

Esta Norma Europeia incorpora por referências datadas ou não datadas, disposições de outras publicações. Estas referências normativas são citadas nos locais apropriados no texto e as publicações são listadas a seguir. Em relação a referências datadas, as emendas subsequentes ou revisões de qualquer destas publicações apenas se aplicam à presente Norma Europeia quando incorporadas por emenda ou revisão. Em relação a referências não datadas, aplica-se a última edição da publicação referida.

EN 771 (todas as Partes)	Specification for masonry units
EN 772-3	Methods of test for masonry units - Part 3: Determination of net volume and percentage of voids of clay masonry units by hydrostatic weighing
EN 772-4	Methods of test for masonry units - Part 4: Determination of real and bulk density and of total and open porosity for natural stone masonry units
EN 772-13	Methods of test for masonry units - Part 13: Determination of net and gross dry density of masonry units (except for natural stone)
EN 772-16	Methods of test for masonry units - Part 16: Determination of dimensions
EN 1015-10	Methods of test for mortar for masonry - Part 10: Determination of dry bulk density of hardened mortar
EN 1934	Thermal performance of buildings – Determination of thermal resistance by hot box method using heat flow meter - Masonry
EN ISO 6946:1996	Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation method (ISO 6946:1996)
EN ISO 7345	Thermal insulation – Physical quantities and definitions (ISO 7345:1987)
EN ISO 8990	Thermal insulation – Determination of steady-state thermal transmission properties – Calibrated and guarded hot box (ISO 8990:1994)
EN ISO 10211-1	Thermal bridges in building construction – Heat flows and surface temperatures – Part 1: General calculation methods (ISO 10211-1:1995)
EN ISO 10456	Building materials and products – Products for determining declared and design values (ISO 10456:1999)
ISO 8301	Thermal insulation – Determination of steady-state thermal resistance and related properties – Heat flow meter apparatus
ISO 8302	Thermal insulation – Determination of steady-state thermal resistance and related properties – Guarded hot plate apparatus
prEN 12664	Thermal performances of building materials and products – Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods - Dry and moist products of medium and low thermal resistance

3 Termos, definições e símbolos

Para os objectivos desta Norma Europeia são aplicáveis os seguintes termos, definições e símbolos, bem como os apresentados na EN ISO 7345.

3.1 Termos e definições

3.1.1 alvenaria

Montagem de unidades de alvenaria assentes segundo um padrão especificado e mantidas solidárias com argamassa de alvenaria.

3.1.2 produto de alvenaria

Unidades de alvenaria, argamassas de alvenaria, argamassas para rebocos exteriores e interiores.

3.1.3 unidade maciça de alvenaria

Unidade de alvenaria que não apresenta furações com excepção, por exemplo, de marcas exteriores tais como cavidades de fixação, ranhuras, etc.

3.1.4 unidade compósita de alvenaria

Unidade de alvenaria produzida com mais do que um material.

3.1.5 valor térmico

Termo comum tanto para a condutibilidade térmica [$W/(m.K)$] como para a resistência térmica [$m^2.K/W$].

3.1.6 valores térmicos de base

Valor de uma propriedade térmica de um material ou produto de construção no estado seco determinado de acordo com esta Norma como base de cálculo dos valores térmicos de projecto.

NOTA: O valor térmico de base pode ser expresso como uma condutibilidade térmica ou resistência térmica.

3.1.7 valor térmico de cálculo

Valor de uma propriedade térmica de um material ou produto de construção sob condições exteriores e interiores específicas, o qual pode ser considerado como típico do desempenho desse material ou produto quando incorporado num componente de um edifício.

NOTA: O valor térmico de projecto pode ser expresso como uma condutibilidade térmica ou resistência térmica.

3.1.8 condutibilidade térmica equivalente

Valor obtido por divisão da espessura de uma dada unidade de alvenaria ou estrutura pela sua resistência térmica.

3.1.9 condições de referência

Conjunto de condições que identificam um estado de equilíbrio seleccionado como base de referência dos valores térmicos de materiais ou produtos de construção.

3.1.10 estado seco

Estado após secagem sob condições convencionais definidas nas normas de produto aplicáveis.

3.2 Símbolos

Símbolo	Grandeza	Unidade
$\lambda_{I0,seco}$	condutibilidade térmica no estado seco a uma temperatura média de 10° C	W/(m.K)
λ_i	medição individual de condutibilidade térmica	W/(m.K)
λ_U	condutibilidade térmica de cálculo	W/(m.K)
Símbolo	Grandeza	Unidade
λ_{equ}	condutibilidade térmica equivalente	W/(m.K)
R_I	medição individual de resistência térmica	m ² .K/W
R_U	resistência térmica de cálculo	m ² .K/W
T	temperatura	K
μ	coeficiente de difusão de vapor de água	
c	capacidade calorífica específica	kJ/(kg.K)
l	comprimento de uma unidade de alvenaria	mm
w	largura de uma unidade de alvenaria	mm
H_U, h_U	altura de uma unidade de alvenaria	mm
H_M, h_M	espessura de uma junta de argamassa	mm
F_m	factor de conversão da humidade	
f_u	coeficiente de conversão da humidade	kg/kg
f_ψ	coeficiente de conversão da humidade	m ³ /m ³
u	teor de humidade em massa por massa	kg/kg
Ψ	teor de humidade em volume por volume	m ³ /m ³
U	transmissão térmica	W/(m ² .K)
P	percentual da população	%

4 Procedimentos para determinar valores térmicos de cálculo de unidades maciças de alvenaria e argamassas

4.1 Generalidades

Para unidades maciças de alvenaria o valor λ do material e o valor λ equivalente do produto são idênticos.

NOTA: Cavidades de fixação que não atravessem o elemento não são consideradas como furações.

Os valores λ de base de unidades maciças de alvenaria e de argamassas podem ser determinados por ensaios realizados em amostras do material ou em tabelas ou gráficos que relacionem $\lambda_{I0,seco}$ com a massa volúmica. Em ambos os casos o valor λ deve ser representativo do material tal como definido na Norma do produto.

A partir destes valores λ de base podem ser calculados os valores de cálculo R_U ou λ_U , tendo em conta o efeito da humidade.

Os valores de cálculo R_v ou λ_v para alvenarias construídas com unidade maciças de alvenaria podem ser determinados através de informação tabelada ou por ensaios realizados em amostras de alvenarias ou por cálculo.

4.2 Valores λ de base para unidades maciças de alvenaria e argamassas

4.2.1 Valores λ tabelados (determinação baseada apenas na relação λ –massa volúmica)

Os valores $\lambda_{10,seco}$ para diferentes materiais usados em produtos de alvenaria são dados no Anexo A, diferenciados pelo tipo de material e pela sua massa volúmica seca. Este Anexo também contém valores do coeficiente de difusão de vapor de água, do calor específico e do coeficiente de humidade, que mostra o aumento de λ com um aumento do conteúdo de humidade de 1 %.

Estes valores tabelados são válidos para materiais cuja massa volúmica é controlada na produção mas para os quais não existem valores λ medidos directamente. Estes factores são dados como percentis (P) 50 % e 90 % do intervalo existente de valores λ para um certo material com uma dada massa volúmica.

4.2.2 Valores λ medidos (determinação baseada na relação λ – massa volúmica e em ensaios de tipo inicial de λ)

Quando um fabricante decide determinar um valor λ por ensaio de medição, deve observar o seguinte procedimento:

4.2.2.1 Provetes

Sobre os provetes deve ser recolhida informação detalhada na ISO 8302 e no prEN 12664.

NOTA: Deverá ser tomado o cuidado de que os provetes recolhidos são representativos do próprio produto de alvenaria. Uma forma adequada do o garantir é cortar os provetes a partir de unidades de alvenaria.

4.2.2.2 Condicionamento dos provetes

Normalmente os materiais de alvenaria são ensaiados no estado seco. É também possível realizar ensaios no estado húmido (por exemplo, condicionamento até massa constante num ambiente a $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ e $50\% \pm 5\%$ de humidade relativa), devendo nesse caso os valores medidos ser convertidos ao estado seco.

4.2.2.3 Ensaio de medição

Utilizar como método de ensaio de referência a ISO 8302. É apresentada informação mais detalhada sobre o procedimento de ensaio de materiais de alvenaria no prEN 12664.

Podem ser utilizados métodos de ensaio alternativos tais como a ISO 8301, que podem requerer provetes diferentes e métodos de condicionamento diferentes, caso seja possível estabelecer a correlação entre o método de ensaio de referência e o método alternativo.

4.2.2.4 Determinação do valor λ de base

A determinação do valor λ de base é baseada no valor λ médio e no valor λ limite. São necessários três itens informativos para este procedimento de determinação:

- 1) A correlação λ –massa volúmica para um dado material (ver Anexo A).
- 2) O intervalo de massas volúmicas do produto, que pode ser deduzido quer do histórico da produção, quer das tolerâncias da massa volúmica que são dadas nas normas de produto aplicáveis.

3) Pelo menos três ensaios de medição individual da massa volúmica e de λ_i , devendo garantir que o valor λ de base é representativo do material corrente produzido. Os três ensaios têm de ser realizados em provetes retirados de diferentes lotes da produção, para serem representativos do intervalo de massas volúmicas dos produtos fabricados. Estas três medições são utilizadas para determinar o desvio entre a curva específica λ -massa volúmica de uma dada produção e a curva de valores tabelados λ -massa volúmica.

Utilizar depois o seguinte procedimento:

Calcular o valor da média aritmética dos 3 resultados λ .

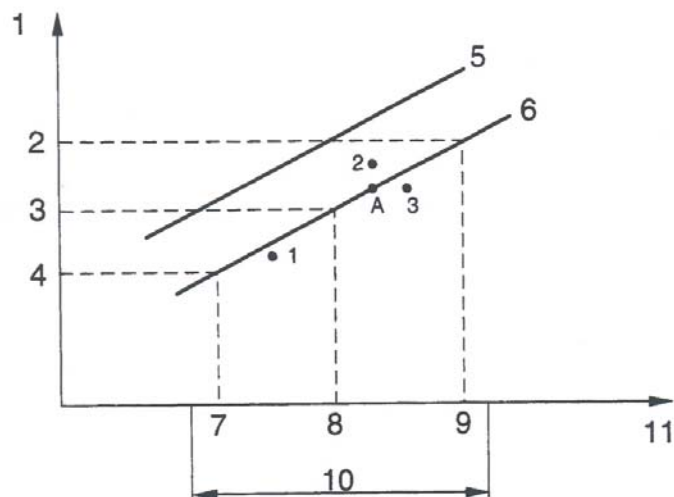
Medir a massa volúmica de cada um dos três provetes de acordo com EN 772-4 ou EN 772-13 ou EN 1015-10 e calcular o valor da média aritmética dos 3 resultados.

Passando pelo ponto A representativo da condutibilidade térmica média e da massa volúmica média traçar uma curva λ -massa volúmica paralela à curva geral λ -massa volúmica obtida por marcação dos valores tabelados λ e massa volúmica para o produto (material) dados no anexo A.

Deduzir o valor médio λ do produto a partir da massa volúmica média. Deduzir os valores limite superior e inferior como valores que representam 90 % e 10 % do intervalo de massas volúmicas do produto manufacturado com um nível de confiança de 90 %, segundo a EN ISO 10456.

Expressar o valor λ de base como sendo o valor médio λ juntamente com a diferença entre o limite e o valor médio.

A Figura 1 mostra este processo sob a forma de gráfico.



Legenda

- | | | | |
|---|--|----|--|
| 1 | Eixo $\lambda_{10,seco}$ (W/mK) | 7 | 10 % da produção |
| 2 | Valor do limite superior de λ | 8 | Massa volúmica média |
| 3 | Valor médio de λ | 9 | 90 % da produção |
| 4 | Valor do limite inferior de λ | 10 | Intervalo de massas volúmicas do produto |
| 5 | Curva resultante dos valores tabelados (Anexo A) | 11 | Eixo massa volúmica (kg/m ³) |
| 6 | Curva paralela traçada através do ponto A | | |

Figura 1 – Determinação do valor λ de base

NOTA: Para controlo da produção fabril a condutibilidade térmica pode ser controlada indirectamente pela massa volúmica do material no estado seco.

4.3 Valores de cálculo R_V ou λ_V para unidades maciças de alvenarias e argamassas

Partindo dos valores λ de base calculam-se os valores de cálculo R_V ou λ_V usando os coeficientes de conversão de humidade dados no Anexo A para cada tipo de material e o teor de humidade de cálculo regulamentado a nível nacional para um dado material numa dada aplicação. O cálculo deve ser feito em conformidade com a EN ISO 10456, usando as seguintes fórmulas:

$$\lambda_2 = \lambda_1 \times F_m \quad \text{ou} \quad R_2 = \frac{R_1}{F_m}$$

com

$$F_m = e^{f_\psi(\psi_2 - \psi_1)} \quad \text{ou} \quad F_m = e^{f_u(u_2 - u_1)}$$

5 Procedimentos para determinar os valores térmicos de cálculo (R_U ou λ_U equivalente) de alvenarias construídas com unidades maciças de alvenaria e argamassa

5.1 Ensaios de medição

Se um fabricante decide determinar os valores R_U ou λ_U equivalente a partir de ensaios de medição, deve usar o seguinte procedimento:

- Seleccionar amostras de ensaio de três lotes diferentes da produção.
- Com cada um desses lotes construir uma parede.
- Medir a resistência térmica e/ou a condutibilidade térmica equivalente de cada uma dessas paredes, seguindo a EN ISO 8990 ou a EN 1934.
- Calcular a resistência térmica média e/ou a condutibilidade térmica equivalente a partir dos 3 resultados de ensaio.
- Determinar o valor de cálculo para a resistência térmica e/ou condutibilidade térmica equivalente da parede de alvenaria com base neste valor médio, considerando o teor de humidade de cálculo regulamentado a nível nacional.

Indicar o tipo da unidade de alvenaria e a respectiva EN da série EN 771, a correspondente massa da unidade (massa seca ou massa com o teor de humidade regulamentado nacionalmente) e a geometria dos provetes de ensaio assim como a condutibilidade térmica e a geometria (por exemplo, faixas duplas) da junta de argamassa usada na medição.

Para o cálculo dos valores R_U ou λ_U equivalente com qualquer outro teor de humidade de cálculo, é necessário averiguar a influência da humidade. Os valores dos coeficientes de correcção da humidade podem ser deduzidos de ensaios, realizados com diferentes teores de humidade. Alternativamente o coeficiente de correcção da humidade pode ser obtido em documentos nacionais. Se nenhuma destas possibilidades for viável, usar um coeficiente de correcção da humidade para todos os tipos de materiais e geometrias de 6 % (ou seja, a resistência térmica da alvenaria varia de 6 % para uma variação de 1 % do teor de humidade em volume).

Se existirem tipos de unidades usualmente combinadas com diferentes tipos de argamassas, devem ser disponibilizados valores térmicos para todas essas combinações.

NOTA: Para simplificar, os valores medidos com argamassas de fraco isolamento térmico podem ser convertidos para valores correspondentes a argamassas de forte isolamento térmico e vice-versa, por um cálculo simples do valor médio dos factores térmicos de combinação ($1/R$) em função da relação de áreas das juntas de argamassa e das unidades, desde que a relação das resistências térmicas da camada de unidades de alvenaria e da camada da argamassa não exceda 1:5.

5.2 Métodos de cálculo

5.2.1 Generalidades

Determinar os valores λ dos materiais, que são os parâmetros de entrada necessários para os métodos de cálculo, quer de acordo com 4.2.1 quer de acordo com 4.2.2.

Determinar o valor R_U ou o valor equivalente λ_U da alvenaria de acordo com o seguinte procedimento:

valor λ de base ($\lambda_{10,seco}$) → humidade →
correção (ver 4.3) → valor λ_U do material → cálculo →
valores R_U ou λ_U equivalente da alvenaria.

Devem ser utilizados os coeficientes de correção da humidade para os materiais dados no Anexo A.

5.2.2 Cálculo numérico

Os requisitos para programas apropriados de cálculo (exactidão, condições fronteiras, etc.) são dados no Anexo D.

NOTA: Os procedimentos de cálculos numéricos (por exemplo, Método dos Elementos Finitos ou Método das Diferenças Finitas, etc.) conduzem a resultados de cálculo exactos, mesmo quando existem grandes diferenças entre os valores lambda do material da unidade e da argamassa da alvenaria.

5.2.3 Cálculo simplificado

Pode ser utilizado o método descrito na EN ISO 6946:1996.

6 Procedimento de determinação de valores térmicos de cálculo (R_U ou λ_U equivalente) para unidades de alvenaria com furação moldada e unidades compósitas de alvenaria e para paredes construídas com essas unidades e argamassa

6.1 Generalidades

As propriedades térmicas de unidades de alvenaria com furação moldada não podem ser totalmente determinadas a partir do valor lambda do material, por haver forte influência do formato e da geometria das furações na unidade.

Os valores R_U ou λ_U equivalente de alvenarias construídas a partir de unidades de alvenaria com furação moldada podem ser determinados quer por tabelas, quer por ensaios de medição realizados com amostras de alvenaria, quer ainda por cálculo. Os valores R_U ou λ_U equivalente de alvenarias construídas a partir de unidades compósitas de alvenaria podem ser determinados por ensaios de medição realizados com amostras de alvenaria, ou por cálculo.

6.2 Valores R_U e λ_U equivalente de unidades de alvenaria com furação moldada e unidades compósitas de alvenaria

Presentemente são utilizados vários métodos numéricos diferentes (por exemplo, Diferenças Finitas, Elementos Finitos) para calcular as propriedades térmicas de unidades de alvenaria com furação moldada ou unidades compósitas de alvenaria. As condutibilidades térmicas dos materiais são parâmetros de entrada necessários para tais cálculos e têm de ser determinados segundo 4.3.

Os requisitos para os programas de cálculo apropriados (precisão, condições fronteiras, etc.) são dados no Anexo C.

O método descrito na EN ISO 6946:1996 pode também ser usado.

6.3 Valores R_U e λ_U equivalente de alvenaria construída a partir de unidades de alvenaria com furação moldada e unidades compósitas de alvenaria

6.3.1 Valores tabelados

6.3.1.1 Aplicação do Anexo B

No Anexo B são dados valores R_U e λ_U equivalente de alvenaria construída a partir de unidades de alvenaria com furação moldada, diferenciadas por:

- material;
- geometria das unidades e geometria das perfurações moldadas;
- valor λ do material das unidades de alvenaria
- valor λ da argamassa.

No Anexo B não são dados valores tabelados para unidades compósitas de alvenaria.

Os valores tabelados de base R ou de λ equivalente deverão ser tomados como base para o cálculo de quaisquer valores de cálculo nacionais, que dependem das condições climáticas e da aplicação em obra. Os valores dos coeficientes de correção da humidade podem ser obtidos de ensaios, realizados com diferentes teores de humidade. Alternativamente os coeficientes de correção da humidade podem ser retirados de documentação nacional. Se esses valores não existirem, o coeficiente de correção da humidade para todos os tipos de materiais e geometrias deve ser considerado de 6 % (ou seja, a resistência térmica da alvenaria varia de 6 % para uma variação do teor de humidade em volume de 1 %). É também possível determinar um valor de cálculo corrigindo o valor λ de cada material em função da humidade usando os coeficientes de correção dados no Anexo A e consultando as tabelas do Anexo B para R_U ou para λ_U equivalente da alvenaria.

Os valores da condutibilidade térmica dos materiais são valores $\lambda_{10, seco}$. Se não existirem valores medidos para a condutibilidade térmica do material das unidades de alvenaria e das argamassas, podem ser utilizados os valores tabelados do Anexo A.

Para as condutibilidades dos materiais podem ser feitas interpolações lineares entre os valores dados nas tabelas do Anexo B.

6.3.1.2 Aplicação alternativa do Anexo B

Os valores tabelados foram calculados assumindo uma determinada altura e comprimento das unidades de alvenaria, uma determinada espessura das juntas horizontais de argamassa e ausência de argamassa nas

juntas verticais (as “dimensões básicas” são dadas para cada classe de geometria). Para alvenarias construídas a partir de unidades de altura diferente, a influência das juntas de argamassa pode ser considerada da forma apresentada a seguir. O mesmo procedimento pode ser usado para determinar valores em alvenarias com juntas verticais de argamassa naqueles casos em que não forem dados valores separados. Estes métodos são válidos para todas as unidades de alvenaria disponíveis.

Calcular o valor U da alvenaria a partir do valor tabelado da condutibilidade térmica equivalente usando a fórmula:

$$U_T = \frac{1}{R_{si} + \frac{d}{\lambda_{equ}} + R_{se}}$$

onde

- U_T é a transmissão térmica da parede, em $W/(m^2.K)$
 R_{si} , R_{se} são as resistências superficiais internas e externas em $m^2.K/W$ segundo a EN ISO 6946
 d é a espessura da parede em m
 λ_{equ} é o valor tabelado da condutibilidade térmica equivalente da parede em $W/(m.K)$

Calcular a transmissão térmica das unidades de alvenaria sem argamassa da seguinte forma:

$$U_U = \frac{U_T \times h - U_M \times h_M}{h_U}$$

Calcular a transmissão térmica da alvenaria construída com elementos de altura diferente, pela fórmula:

$$U_H = \frac{U_U \times H_U + U_M \times H_M}{H}$$

onde:

- h_U é a altura da unidade que serviu de base ao cálculo do valor tabelado em mm
 h_M é a altura da junta de argamassa que serviu de base ao cálculo do valor tabelado em mm
 $h = h_U + h_M$ em mm
 U_U é a transmissão térmica das unidades sem influência da argamassa em $W/(m^2.K)$
 U_M é a transmissão térmica da junta de argamassa em $W/(m^2.K)$, dada por:

$$U_M = \frac{1}{R_{si} + \frac{d}{\lambda_M} + R_{se}}$$

- λ_M é a condutibilidade térmica da argamassa em $W/(m.K)$
 U_H é a transmissão térmica da alvenaria feita a partir de unidades de altura H_U em $W/(m^2.K)$
 H_U é a altura real da unidade em mm
 H_M é a altura real da junta de argamassa em mm
 $H = H_U + H_M$ em mm

Pode ser aplicado um cálculo semelhante para variações de comprimentos de unidades de alvenaria e de espessuras de juntas de argamassa verticais.

Se não existirem juntas verticais de argamassa as diferenças de comprimento das unidades podem ser ignoradas.

NOTA 1: A transmissão térmica de alvenarias feitas a partir de unidades de alvenaria de comprimento > 250 mm que apresentem um sistema de encaixe, em vez de juntas verticais de argamassa, será inferior ao valor tabelado, o que significa que o valor tabelado comporta uma margem de segurança. Para unidades de alvenaria com formatos dos tipos mostrados em B.23 a B.28, onde as perfurações se desenvolvem sem descontinuidade a par da junta vertical, o comprimento da unidade não tem influência na transmissão térmica.

NOTA 2: A direcção do fluxo térmico é indicada nas figuras do Anexo B por uma seta.

6.3.2 Ensaios de medição

Usar o procedimento descrito em 5.1.

6.3.3 Métodos de cálculo

Usar o procedimento descrito em 5.2 ou usar um cálculo simplificado na base dos resultados de um cálculo segundo 6.2.

7 Determinação do coeficiente de transmissão térmica de alvenarias

O cálculo do coeficiente de transmissão térmica U deve ser feito segundo a EN ISO 6946:1996.

Os valores da capacidade calorífica específica c são dados no Anexo A.

NOTA: Para cálculos de necessidades energéticas deverá ser considerada a influência da capacidade térmica.

Anexo A (normativo)

Valores tabelados $\lambda_{I0,seco}$ de materiais utilizados em produtos de alvenaria e produtos de argamassas

O coeficiente de difusão do vapor de água μ define-se como sendo o factor que descreve quantas vezes a resistência à difusão de uma camada de material é superior à resistência de uma camada de ar com a mesma espessura sob idênticas condições. Para comparar a resistência à difusão de dois elementos de um edifício, é necessário multiplicar o factor μ pela espessura da respectiva camada, o que leva a um resultado com dimensão em m . O comportamento da difusão é diferente, se houver difusão para o interior de um componente de edifício ou para o exterior (período de secagem, valor mais alto).

Quadro A.1 – Elementos cerâmicos (argila cozida)

Massa volúmica do material [kg/m ³]	$\lambda_{I0,seco}$ [W/m.K]		Coeficiente de difusão do vapor de água μ	c [kJ/ kg .K]
	$P = 50 \%$	$P = 90 \%$		
1000	0,20	0,27	5/10	1,0
1100	0,23	0,30	5/10	1,0
1200	0,26	0,33	5/10	1,0
1300	0,30	0,36	5/10	1,0
1400	0,34	0,40	5/10	1,0
1500	0,37	0,43	5/10	1,0
1600	0,41	0,47	5/10	1,0
1700	0,45	0,51	5/10	1,0
1800	0,49	0,55	5/10	1,0
1900	0,53	0,60	5/10	1,0
2000	0,58	0,64	5/10	1,0
2100	0,62	0,69	5/10	1,0
2200	0,67	0,74	5/10	1,0
2300	0,72	0,79	5/10	1,0
2400	0,77	0,84	5/10	1,0

$f_{\Psi} = 10 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$
 Para materiais cerâmicos com uma massa volúmica entre 1800 kg/m³ e 2400 kg/m³ utilizados como materiais de paramento, que são normalmente cozidos a temperaturas significativamente mais elevadas, o valor μ é 50/100 em vez de 5/10.

Quadro A.2 – Blocos silico-calcários

Massa volúmica do material [kg/m ³]	$\lambda_{10,seco}$ [W/m.K]		Coeficiente de difusão do vapor de água μ	c [kJ/ kg .K]
	$P = 50 \%$	$P = 90 \%$		
900	0,22	0,29	5/10	1,0
1000	0,24	0,30	5/10	1,0
1100	0,26	0,32	5/10	1,0
1200	0,30	0,36	5/10	1,0
1300	0,34	0,41	5/10	1,0
1400	0,40	0,46	5/10	1,0
1500	0,47	0,53	5/25	1,0
1600	0,55	0,61	5/25	1,0
1700	0,64	0,70	5/25	1,0
1800	0,75	0,81	5/25	1,0
1900	0,86	0,92	5/25	1,0
2000	0,98	1,05	5/25	1,0
2100	1,14	1,20	5/25	1,0
2200	1,31	1,37	5/25	1,0
$f_{\Psi} = 10 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$				

Quadro A.3 – Blocos de betão com agregados correntes e blocos de betão “face à vista”

Massa volúmica do material [kg/m ³]	$\lambda_{10,seco}$ [W/m.K]		Coeficiente de difusão do vapor de água μ	c [kJ/ kg .K]
	$P = 50 \%$	$P = 90 \%$		
1600	0,69	0,88	5/15	1,0
1700	0,75	0,93	5/15	1,0
1800	0,82	1,01	5/15	1,0
1900	0,90	1,09	5/15	1,0
2000	1,00	1,19	5/15	1,0
2100	1,11	1,30	5/15	1,0
2200	1,24	1,42	30/100	1,0
2300	1,37	1,56	50/150	1,0
2400	1,52	1,72	50/150	1,0
$f_{\Psi} = 4 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$				

Quadro A.4 – Blocos de betão de agregados de pedra-pomes

Massa volúmica do material [kg/m ³]	$\lambda_{10,seco}$ [W/m.K]		Coeficiente de difusão do vapor de água μ	c [kJ/ kg .K]
	$P = 50 \%$	$P = 90 \%$		
500	0,11	0,14	5/15	1,0
600	0,13	0,16	5/15	1,0
700	0,16	0,18	5/15	1,0
800	0,19	0,21	5/15	1,0
900	0,22	0,24	5/15	1,0
1000	0,26	0,28	5/15	1,0
1100	0,30	0,32	5/15	1,0
1200	0,34	0,36	5/15	1,0
1300	0,38	0,41	5/15	1,0

$f_{\psi} = 4 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$

Quadro A.5 – Blocos de betão de agregados de poliestireno

Massa volúmica do material [kg/m ³]	$\lambda_{10,seco}$ [W/m.K]		Coeficiente de difusão do vapor de água μ	c [kJ/ kg .K]
	$P = 50 \%$	$P = 90 \%$		
500	0,13	0,16	5/15	1,0
600	0,14	0,19	5/15	1,0
700	0,17	0,22	5/15	1,0
800	0,18	0,25	5/15	1,0

$f_{\psi} = 5 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$

Quadro A.6 – Blocos de betão de agregados de argila expandida

Massa volúmica do material [kg/m ³]	$\lambda_{10,seco}$ [W/m.K]		Coeficiente de difusão do vapor de água μ	c [kJ/ kg .K]
	$P = 50 \%$	$P = 90 \%$		
400	0,10	0,12	5/15	1,0
500	0,12	0,15	5/15	1,0
600	0,16	0,18	5/15	1,0
700	0,19	0,21	5/15	1,0
800	0,22	0,25	5/15	1,0
900	0,26	0,28	5/15	1,0
1000	0,30	0,32	5/15	1,0
1100	0,34	0,36	5/15	1,0
1200	0,39	0,41	5/15	1,0
1300	0,43	0,46	5/15	1,0
1400	0,48	0,51	5/15	1,0
1500	0,53	0,56	5/15	1,0
1600	0,60	0,63	5/15	1,0
1700	0,67	0,70	5/15	1,0

$f_u = 4 \text{ (kg/kg)}$ se a argila expandida for o granulado predominante
 $f_u = 2,6 \text{ (kg/kg)}$ se a argila expandida for o único granulado

Quadro A.7 – Blocos de betão com mais de 70 % de agregados de escória de alto forno expandida ¹

Massa volúmica do material [kg/m ³]	$\lambda_{10,seco}$ [W/m.K]		Coeficiente de difusão do vapor de água μ	c [kJ/ kg .K]
	$P = 50 \%$	$P = 90 \%$		
1100	0,19	0,21	5/15	1,0
1200	0,23	0,24	5/15	1,0
1300	0,28	0,29	5/15	1,0
1400	0,33	0,34	5/15	1,0
1500	0,39	0,40	5/15	1,0
1600	0,45	0,47	5/15	1,0
1700	0,52	0,54	5/15	1,0
$f_u = 4$ (kg/kg)				

Quadro A.8 – Blocos de betão com agregados predominantes obtidos por combustão de carvão

Massa volúmica do material [kg/m ³]	$\lambda_{10,seco}$ [W/m.K]		Coeficiente de difusão do vapor de água μ	c [kJ/ kg .K]
	$P = 50 \%$	$P = 90 \%$		
1100	0,31	0,35	5/15	1,0
1200	0,33	0,37	5/15	1,0
1300	0,35	0,39	5/15	1,0
1400	0,37	0,41	5/15	1,0
1500	0,39	0,43	5/15	1,0
$f_u = 4$ (kg/kg)				

O Quadro A.9 destina-se a ser utilizado para blocos de betão com agregados ligeiros onde não exista um histórico de λ (por exemplo, para produtos novos). Por consequência, nenhum percentual de 50 % e 90 % P pode ser calculado, devendo os valores de λ indicados serem considerados como valores de segurança para todos os diferentes tipos de agregados.

¹ Agregado ligeiro produzido por expansão em água de escória de alto forno. A escória de alto forno é um subproduto da extracção de minerais de ferro hematítico.

Quadro A.9 – Blocos de betão com outros agregados leves

Massa volúmica do material [kg/m ³]	$\lambda_{10,seco}$ [W/ m .K]	Coefficiente de difusão do vapor de água μ	c [kJ/ kg .K]
500	0,24	5/15	1,0
600	0,27	5/15	1,0
700	0,30	5/15	1,0
800	0,33	5/15	1,0
900	0,37	5/15	1,0
1000	0,41	5/15	1,0
1100	0,46	5/15	1,0
1200	0,52	5/15	1,0
1300	0,58	5/15	1,0
1400	0,66	5/15	1,0
1500	0,74	5/15	1,0
1600	0,83	5/15	1,0
1800	1,08	5/15	1,0
2000	1,33	5/15	1,0
$f_{\psi} = 4 \text{ (m}^3/\text{m}^3)$			

Quadro A.10 – Blocos de betão celular autoclavado

Massa volúmica do material [kg/m ³]	$\lambda_{10,seco}$ [W/m.K]		Coefficiente de difusão do vapor de água μ	c [kJ/ kg .K]
	$P = 50 \%$	$P = 90 \%$		
300	0,072	0,085	5/10	1,0
400	0,096	0,11	5/10	1,0
500	0,12	0,13	5/10	1,0
600	0,15	0,16	5/10	1,0
700	0,17	0,18	5/10	1,0
800	0,19	0,21	5/10	1,0
900	0,22	0,24	5/10	1,0
1000	0,24	0,26	5/10	1,0
$f_u = 4 \text{ (kg/kg)}$				

Quadro A.11 – Unidades de pedras naturais²

Massa volúmica do material [kg/m ³]	$\lambda_{10,seco}$ [W/ m .K]	Coefficiente de difusão do vapor de água μ	c [kJ/ kg .K]
Rocha cristalina			
2800	3,5	-	1,0
Rocha sedimentar			
1500	0,85	-	1,0
2600	2,3	-	1,0
Pedras porosas naturais			
1600	0,55	-	1,0

Quadro A.12 – Argamassas (argamassas de alvenaria e argamassas de reboco)

Massa volúmica do material [kg/m ³]	$\lambda_{10,seco}$ [W/m.K]		Coefficiente de difusão do vapor de água μ	c [kJ/ kg .K]
	$P = 50 \%$	$P = 90 \%$		
250	0,074	0,080	5/20	1,0
400	0,10	0,11	5/20	1,0
700	0,18	0,20	5/20	1,0
1000	0,27	0,30	5/20	1,0
1500	0,47	0,54	5/20	1,0
1600	0,67	0,76	15/35	1,0
1800	0,83	0,93	15/35	1,0
2000	1,17	1,28	15/35	1,0
$f_{\Psi} = 4 \text{ (m}^3/\text{m}^3)$				

² Para estes materiais, a aproximação de 50 % / 90 % não é aplicável.

Anexo B

(informativo)

Valores de base tabelados R ou λ equivalente de alvenaria construída a partir de unidades com furação moldada

As geometrias são definidas por dois números:

- o número de filas de furações;
- o número de furações numa fila.

Por exemplo, 3,7/1,6 significa que este tipo de unidade tem 3,7 filas de furações por 100 mm de largura e 1,6 furações numa fila por 100 mm de comprimento, o que corresponde a 11 filas de furações no caso de uma parede de 300 mm de espessura e a 4 furações por fila no caso de uma unidade de comprimento 250 mm. A proporção das paredes transversais, expressa em percentagem, é definida como sendo a soma das espessuras das paredes transversais dividida pelo comprimento da unidade, sendo dada para cada geometria a título de informação complementar.

São dadas informações adicionais para cada geometria acerca das dimensões que serviram de base para o cálculo numérico.

Devem ser utilizados os valores tabelados a seguir como base para a determinação dos valores térmicos de cálculo R ou λ equivalente de alvenarias na falta de medições de ensaio individuais e de cálculo para um produto específico.

Os valores dados neste Anexo foram calculados com a ajuda de um programa de diferenças finitas tridimensionais.

A condutibilidade térmica equivalente do ar nas furações foi determinada em conformidade com o Anexo B.2 da EN ISO 6946:1996. O programa utilizado foi verificado com os exemplos indicados no Anexo D e preenche todos os requisitos para os procedimentos de cálculo apropriados.

A base teórica para a escolha das geometrias foi o conhecimento das principais influências geométricas sobre a resistência térmica:

- número de filas de furações;
- espessura das divisórias entre furações (proporção das paredes transversais);
- furações em xadrez ou “em linha”;
- forma das furações;

(a experiência demonstrou que estes dois últimos factores podem ser negligenciados para as finalidades dos valores tabelados).

Os valores das tabelas seguintes são geralmente dados para alvenarias só com juntas horizontais de argamassa.

Em alguns casos, os valores tabelados são separados em dois, um dos quais é válido para ausência de juntas verticais de argamassa e o segundo é válido para o caso de existirem essas juntas. Para classes geométricas em que não são dados valores separados utilizar o procedimento de cálculo indicado em 6.3.1.2.

A resistência térmica das juntas de argamassa em que se baseiam os resultados dos cálculos pode ser obtida de diferentes maneiras. Podem ser executadas juntas plenas usando argamassa isolante ou atingir a mesma

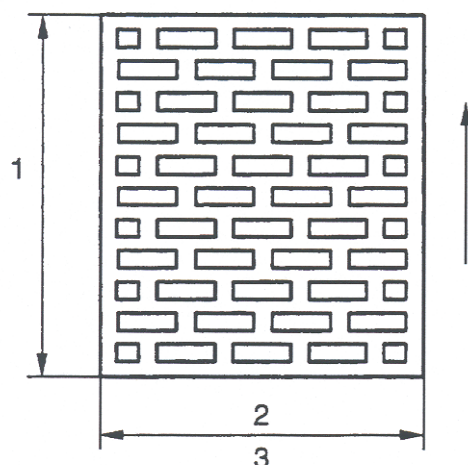
resistência/condutibilidade equivalente executando juntas em bandas duplas de argamassa para usos correntes, eventualmente com uma banda de material isolante entre elas.

Os valores são agrupados em função do material das unidades de alvenaria; no entanto, os resultados dos cálculos são igualmente válidos para outros materiais, se a geometria e a condutibilidade térmica do material forem idênticas.

Os valores de resistência são tabelados por 100 mm de espessura o que significa, por exemplo, que para uma parede de 300 mm de espessura os valores têm de ser multiplicados por 3. Como informação adicional, os resultados dos cálculos são também apresentados como valores λ_{equ} da alvenaria, calculados pela seguinte fórmula:

$$\lambda_{equ} = \frac{0,1}{R}$$

As percentagens de furação dadas na tabela reportam-se à secção recta das unidades.



Legenda

1 Largura

2 Comprimento

3 Secção recta horizontal

Quadro B.1 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações verticais – Geometria 3,7/1,6

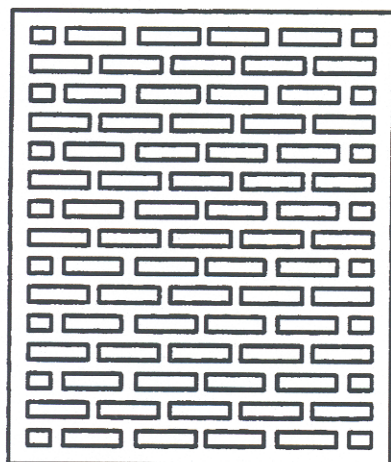
$\lambda_{material}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)]		
	com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
	0,16	0,32	0,80
0,34	0,57 /	0,55 /	0,49 /
	0,18	0,18	0,20
0,42	0,50 /	0,49 /	0,44 /
	0,20	0,20	0,23
0,51	0,46 /	0,44 /	0,40 /
	0,22	0,23	0,25
0,60	0,42 /	0,40 /	0,37 /
	0,24	0,25	0,27

Figura B.1 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações verticais – Geometria 3,7/1,6

(proporção das paredes transversais: 26,4 %; percentagem de furação: 38,4 %)

dimensões de base : $l = 250$ mm; $w = 300$ mm; $h_U = 238$ mm; $h_M = 12$ mm

Quadro B.2 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações verticais – Geometria 5/2



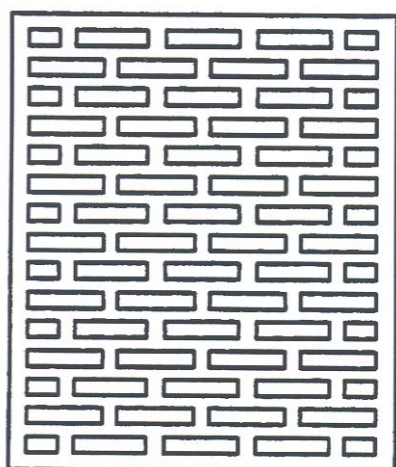
$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
	0,16	0,32	0,80
0,34	0,62/ 0,16	0,59/ 0,17	0,53/ 0,19
0,42	0,58/ 0,18	0,53/ 0,19	0,48/ 0,21
0,51	0,50/ 0,20	0,48/ 0,21	0,43/ 0,23
0,60	0,45/ 0,22	0,44/ 0,23	0,40/ 0,25

Figura B.2 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações verticais – Geometria 5/2

(proporção de paredes transversais: 25,8 %; percentagem de furação: 37,5 %)

Dimensões de base: $l = 250$ mm; $w = 300$ mm; $h_U = 238$ mm; $h_M = 12$ mm

Quadro B.3 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações verticais – Geometria 5/1,6

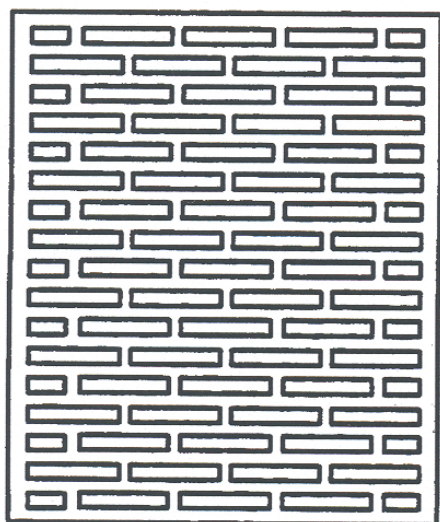


$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
	0,16	0,32	0,80
0,34	0,65/ 0,15	0,62/ 0,16	0,50/ 0,18
0,42	0,58/ 0,17	0,56/ 0,18	0,50/ 0,20
0,51	0,53/ 0,19	0,51/ 0,20	0,46/ 0,22
0,60	0,49/ 0,20	0,47/ 0,21	0,43/ 0,23

Figura B.3 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações verticais – Geometria 5/1,6

(proporção de paredes transversais: 22,2 %; percentagem de furação: 39,1 %)

dimensões de base: $l = 250$ mm; $w = 300$ mm; $h_U = 238$ mm; $h_M = 12$ mm

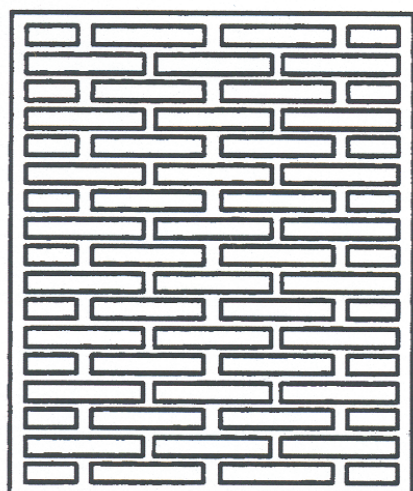


Quadro B.4 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações verticais – Geometria 5,7/1,6

$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
	0,16	0,32	0,80
0,34	0,70/ 0,14	0,66/ 0,15	0,59/ 0,17
0,42	0,63/ 0,16	0,60/ 0,17	0,54/ 0,19
0,51	0,57/ 0,18	0,55/ 0,18	0,49/ 0,20
0,60	0,53/ 0,19	0,51/ 0,20	0,46/ 0,22

Figura B.4 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações verticais – Geometria 5,7/1,6
(proporção de paredes transversais: 20,8 %; percentagem de furação: 39,3 %)

dimensões de base: $l = 250$ mm; $w = 300$ mm; $h_U = 238$ mm; $h_M = 12$ mm



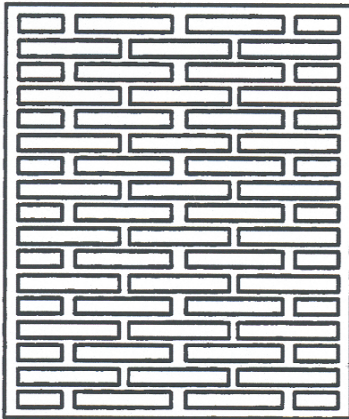
Quadro B.5 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações verticais – Geometria 5,7/1,2

$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
	0,16	0,32	0,80
0,34	0,75/ 0,13	0,71/ 0,14	0,63/ 0,16
0,42	0,69/ 0,14	0,65/ 0,15	0,58/ 0,17
0,51	0,64/ 0,16	0,61/ 0,16	0,54/ 0,19
0,60	0,59/ 0,17	0,57/ 0,18	0,51/ 0,20

Figura B.5 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações verticais – Geometria 5,7/1,2
(proporção de paredes transversais: 15,6 %; percentagem de furação: 50,9 %)

dimensões de base: $l = 250$ mm; $w = 300$ mm; $h_U = 238$ mm; $h_M = 12$ mm

Quadro B.6 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações verticais – Geometria 1,6/3,7

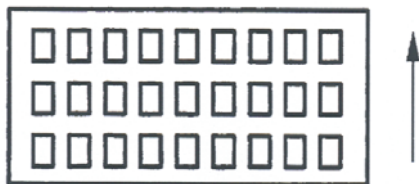


$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K) das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)]	
	com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]	
	0,32	0,80
0,34	0,39/ 0,26	0,36/ 0,28
0,42	0,33/ 0,30	0,31/ 0,32
0,51	0,29/ 0,34	0,27/ 0,37
0,60	0,26/ 0,38	0,24/ 0,42

Figura B.6 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações verticais – Geometria 1,6/3,7
(proporção de paredes transversais: 48,0 %; percentagem de furação: 38,4 %)
dimensões de base: $l = 300$ mm; $w = 250$ mm; $h_U = 238$ mm; $h_M = 12$ mm

NOTA: Não é dado valor para a associação de uma unidade de alvenaria deste tipo com uma argamassa de condutibilidade 0,16 W/m.K porque uma tal combinação não faz sentido.

Quadro B.7 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações verticais – Geometria 2,8/4,1

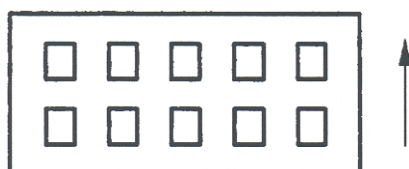


$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K) das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)]		
	com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
	0,16	0,32	0,80 ¹⁾
0,25	0,48/ 0,21	0,42/ 0,24	0,32/ (0,30)/ 0,31 (0,33)
0,34	0,40/ 0,25	0,36/ 0,28	0,29/ (0,28)/ 0,34 (0,36)/
0,42	0,33/ 0,30	0,31/ 0,33	0,25/ (0,24)/ 0,39 (0,41)/
0,51	0,28/ 0,35	0,26/ 0,38	0,22/ (0,21)/ 0,45 (0,47)/
0,60	0,25/ 0,40	0,23/ 0,43	0,20/ (0,19)/ 0,50 (0,52)/

1) Os valores entre parêntesis são para o caso de existirem juntas verticais

Figura B.7 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações verticais – Geometria 2,8/4,1
(proporção de paredes transversais: 50,9 %; percentagem de furação: 30 %)
dimensões de base: $l = 220$ mm; $w = 105$ mm; $h_U = 65$ mm; $h_M = 12$ mm

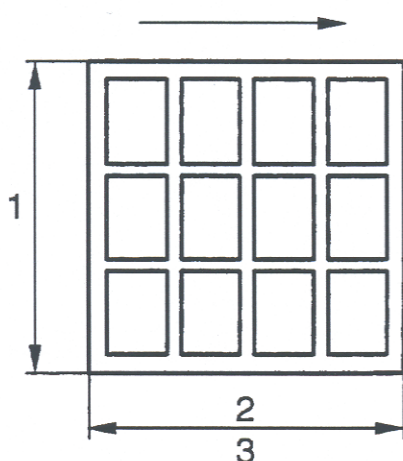
Quadro B.8 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações verticais – Geometria 1,9/2,3



$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
	0,16	0,32	0,80 ¹⁾
0,25	0,50/ 0,20	0,44/ 0,23	0,35/ (0,32)/ 0,29 (0,31)
0,34	0,38/ 0,26	0,34/ 0,29	0,27/ (0,26)/ 0,37 (0,39)
0,42	0,32/ 0,31	0,29/ 0,34	0,24/ (0,23)/ 0,42 (0,44)
0,51	0,27/ 0,37	0,25/ 0,40	0,21/ (0,20)/ 0,48 (0,50)
0,60	0,24/ 0,42	0,22/ 0,45	0,18/ (0,18)/ 0,54 (0,55)/

1) Os valores entre parêntesis são para o caso de existirem juntas verticais

Figura B.8 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações verticais – Geometria 1,9/2,3
(proporção de paredes transversais: 54,5 %; percentagem de furação: 17,3 %)
dimensões de base: $l = 220$ mm; $w = 105$ mm; $h_U = 55$ mm; $h_M = 12$ mm



Quadro B.9 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações horizontais – Geometria 2/1,5

$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
	0,16	0,32	0,80 ¹⁾
0,34	0,45/ 0,22	0,44/ 0,23	0,39/ (0,37)/ 0,25 (0,27)
0,42	0,42/ 0,24	0,40/ 0,25	0,37/ (0,35)/ 0,27 (0,28)
0,51	0,40/ 0,25	0,38/ 0,26	0,34/ (0,33)/ 0,29 (0,30)
0,60	0,36/ 0,28	0,36/ 0,28	0,32/ (0,31)/ 0,31 (0,32)/

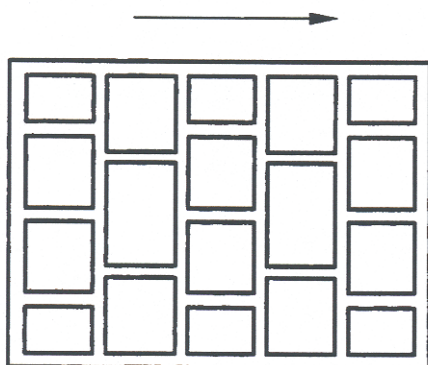
1) Os valores entre parêntesis são para o caso de existirem juntas verticais

Legenda

- 1 Altura
- 2 Largura
- 3 Secção recta vertical

Figura B.9 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações horizontais – Geometria 2/1,5
(proporção de paredes transversais: 16 %; percentagem de furação: 63,9 %)
dimensões de base: $l = 500$ mm; $w = 200$ mm; $h_U = 200$ mm; $h_M = 12$ mm

Quadro B.10 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações horizontais – Geometria 1,85/1,5

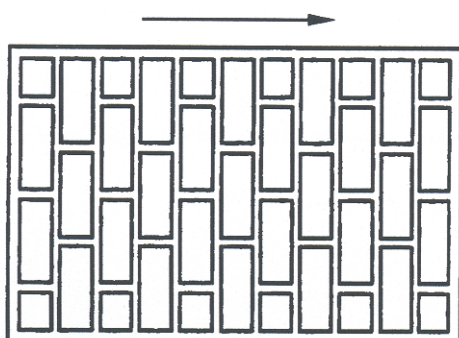


$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
	0,16	0,32	0,80 ¹⁾
0,34	0,44/ 0,22	0,43/ 0,23	0,40/ (0,38)/ 0,25 (0,26)
0,42	0,42/ 0,24	0,40/ 0,25	0,37/ (0,36)/ 0,27 (0,28)
0,51	0,38/ 0,26	0,37/ 0,27	0,34/ (0,33)/ 0,29 (0,30)
0,60	0,36/ 0,28	0,34/ 0,29	0,33/ (0,31)/ 0,31 (0,32)

1) Os valores entre parêntesis são para o caso de existirem juntas verticais

Figura B.10 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações horizontais – Geometria 1,85/1,5
(proporção de paredes transversais: 21,5 %; percentagem de furação: 62,8 %)
dimensões de base: $l = 500$ mm; $w = 270$ mm; $h_U = 200$ mm; $h_M = 12$ mm

Quadro B.11 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações horizontais – Geometria 3,7/1,5

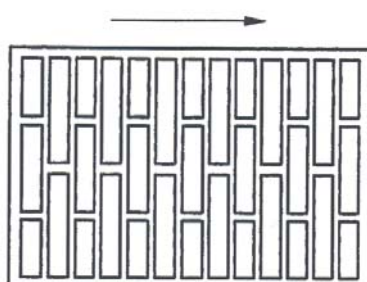


$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
	0,16	0,32	0,80 ¹⁾
0,34	0,59/ 0,17	0,55/ 0,18	0,50/ (0,48)/ 0,20 (0,21)
0,42	0,55/ 0,18	0,51/ 0,19	0,46/ (0,43)/ 0,22 (0,23)
0,51	0,50/ 0,20	0,48/ 0,21	0,43/ (0,40)/ 0,23 (0,25)
0,60	0,46/ 0,22	0,43/ 0,23	0,40/ (0,38)/ 0,25 (0,26)

1) Os valores entre parêntesis são para o caso de existirem juntas verticais

Figura B.11 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações horizontais – Geometria 3,7/1,5
(proporção de paredes transversais: 18,5 %; percentagem de furação: 61,8 %)
dimensões de base: $l = 500$ mm; $w = 300$ mm; $h_U = 200$ mm; $h_M = 12$ mm

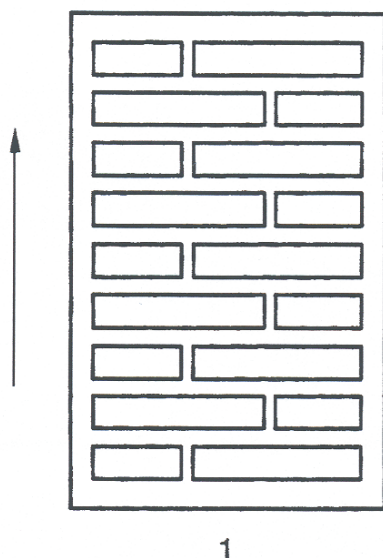
Quadro B.12 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações horizontais – Geometria 4,3/1



$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
	0,16	0,32	0,80 ¹⁾
0,34	0,64/ 0,15	0,61/ 0,16	0,53/ (0,50)/ 0,19 (0,20)
0,42	0,59/ 0,17	0,56/ 0,18	0,50/ (0,48)/ 0,20 (0,21)
0,51	0,53/ 0,19	0,53/ 0,19	0,46/ (0,43)/ 0,22 (0,23)
0,60	0,50/ 0,20	0,48/ 0,21	0,43/ (0,41)/ 0,23 (0,24)

1) Os valores entre parêntesis são para o caso de existirem juntas verticais

Figura B.12 – Unidades cerâmicas de alvenaria com furações horizontais – Geometria 4,3/1
(proporção de paredes transversais: 15,4 %; percentagem de furação: 56,3 %)
dimensões de base: $l = 500$ mm; $w = 300$ mm; $h_U = 200$ mm; $h_M = 12$ mm



Quadro B.13 – Unidades de alvenaria sílico- calcárias – Geometria 2,5/0,8

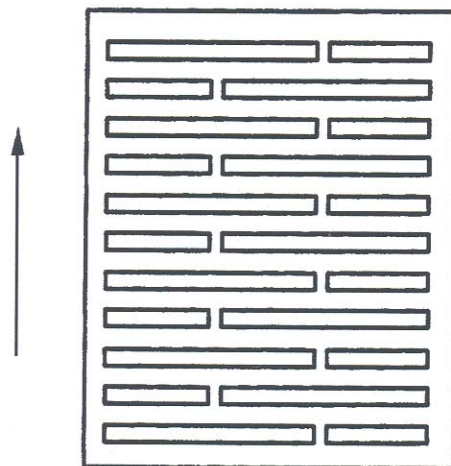
$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]			
	0,16	0,32	0,80	camada fina de argamassa
0,32	0,52/ 0,19	0,50/ 0,20	0,46/ 0,22	0,52/ 0,19
0,64	0,37/ 0,27	0,36/ 0,28	0,33/ 0,30	0,36/ 0,28

Legenda

1 Secção recta horizontal

Figura B.13 – Unidades de alvenaria sílico-calcárias – Geometria 2,5/0,8
(proporção de paredes transversais: 20 %; percentagem de furação: 46 %)
dimensões de base: $l = 240$ mm; $w = 365$ mm; $h_U = 238$ mm; $h_M = 12$ mm

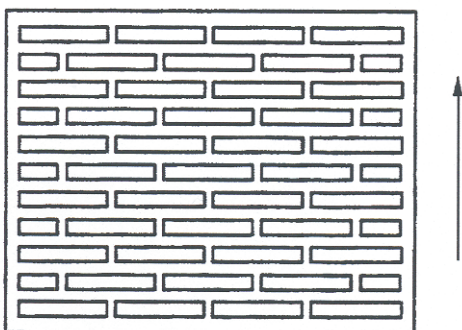
Quadro B.14 – Unidades de alvenaria sílico-calcárias – Geometria 3,7/0,8



$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]			
	0,16	0,32	0,80	camada fina de argamassa
0,32	0,57/ 0,18	0,54/ 0,19	0,49/ 0,20	0,57/ 0,18
0,64	0,40/ 0,25	0,38/ 0,26	0,35/ 0,29	0,39/ 0,26

Figura B.14 – Unidades de alvenaria sílico-calcárias – Geometria 3,7/0,8
(proporção de paredes transversais: 16 %; percentagem de furação: 30 %)
dimensões de base: $l = 247$ mm; $w = 365$ mm; $h_U = 238$ mm; $h_M = 12$ mm

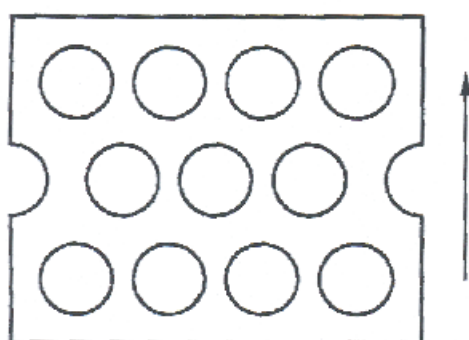
Quadro B.15 – Unidades de alvenaria sílico- calcárias – Geometria 3,7/1,1



$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]			
	0,16	0,32	0,80	camada fina de argamassa
0,32	0,60/ 0,17	0,57/ 0,18	0,51/ 0,20	0,60/ 0,17
0,64	0,41/ 0,24	0,40/ 0,25	0,37/ 0,27	0,41/ 0,24

Figura B.15 – Unidades de alvenaria sílico-calcárias – Geometria 3,7/1,1
(proporção de paredes transversais: 19 %; percentagem de furação: 34 %)
dimensões de base: $l = 373$ mm; $w = 300$ mm; $h_U = 238$ mm; $h_M = 12$ mm

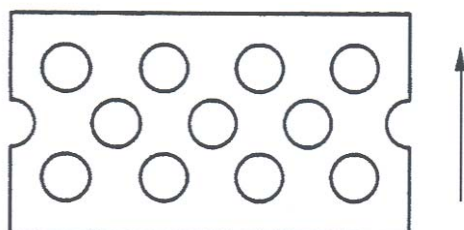
Quadro B.16 – Unidades de alvenaria sílico-calcárias – Geometria 1,3/1,3



$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)]	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)]	
	com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]	
	0,80	camada fina de argamassa
0,64	0,22/ 0,45	0,22/ 0,45
1,05	0,15/ 0,67	0,15/ 0,67

Figura B.16 – Unidades de alvenaria sílico-calcárias – Geometria 1,3/1,3
(proporção de paredes transversais: 39 %; percentagem de furação: 28 %)
dimensões de base: $l = 300$ mm; $w = 240$ mm; $h_U = 238$ mm; $h_M = 12$ mm

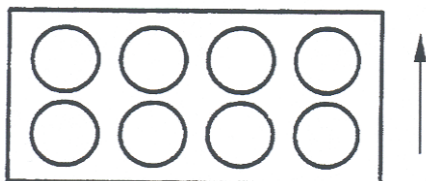
Quadro B.17 – Unidades de alvenaria sílico- calcárias – Geometria 1,7/1,3



$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)]	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)]	
	com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]	
	0,80	camada fina de argamassa
0,64	0,20/ 0,50	0,20/ 0,50
1,05	0,13/ 0,77	0,13/ 0,77

Figura B.17 – Unidades de alvenaria sílico-calcárias – Geometria 1,7/1,3
(proporção de paredes transversais: 59 %; percentagem de furação: 17 %)
dimensões de base: $l = 300$ mm; $w = 175$ mm; $h_U = 238$ mm; $h_M = 12$ mm

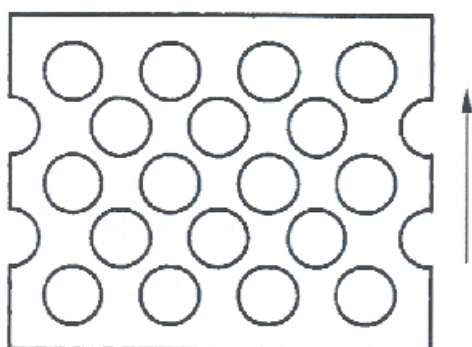
Quadro B.18 – Unidades de alvenaria sílico-calcárias – Geometria 1,7/1,7



$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]	
	0,80	
0,64	0,23/ 0,43	
1,05	0,16/ 0,63	

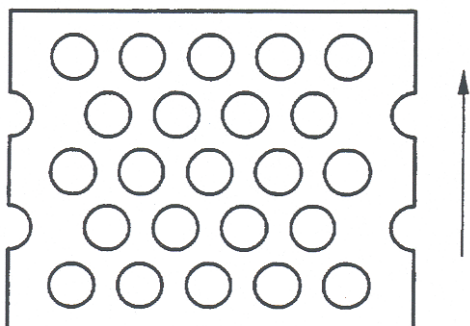
Figura B.18 – Unidades de alvenaria sílico-calcárias – Geometria 1,7/1,7
(proporção de paredes transversais: 33 %; percentagem de furação: 36 %)
dimensões de base: $l = 240$ mm; $w = 115$ mm; $h_U = 238$ mm; $h_M = 12$ mm

Quadro B.19 – Unidades de alvenaria sílico-calcárias – Geometria 2,1/1,3



$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]	
	0,80	camada fina de argamassa
0,64	0,23/ 0,43	0,25/ 0,40
1,05	0,16/ 0,63	0,16/ 0,63

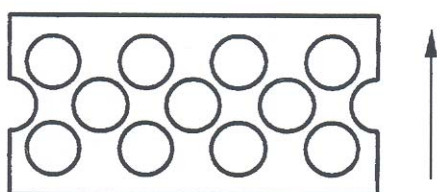
Figura B.19 – Unidades de alvenaria sílico-calcárias – Geometria 2,1/1,3
(proporção de paredes transversais: 49 %; percentagem de furação: 32 %)
dimensões de base: $l = 300$ mm; $w = 240$ mm; $h_U = 238$ mm; $h_M = 12$ mm



Quadro B.20 – Unidades de alvenaria sílico-calcárias – Geometria 2,1/1,7

$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]	
	0,80	camada fina de argamassa
0,64	0,22/ 0,45	0,23/ 0,43
1,05	0,15/ 0,67	0,15/ 0,67

Figura B.20 – Unidades de alvenaria sílico-calcárias – Geometria 2,1/1,7
(proporção de paredes transversais: 50 %; percentagem de furação: 25 %)
dimensões de base: $l = 300$ mm; $w = 240$ mm; $h_U = 238$ mm; $h_M = 12$ mm

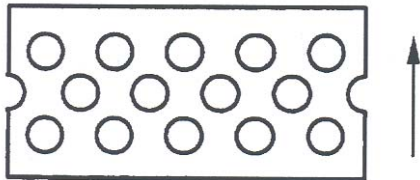


Quadro B.21 – Unidades de alvenaria sílico- calcárias – Geometria 2,6/1,7

$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]	
	0,80	
0,64	0,23/ 0,43	
1,05	0,16/ 0,63	

Figura B.21 – Unidades de alvenaria sílico-calcárias – Geometria 2,6/1,7
(proporção de paredes transversais: 50 %; percentagem de furação: 31 %)
dimensões de base: $l = 240$ mm; $w = 115$ mm; $h_U = 113$ mm; $h_M = 12$ mm

Quadro B.22 – Unidades de alvenaria sílico-calcárias – Geometria 2,6/2,1

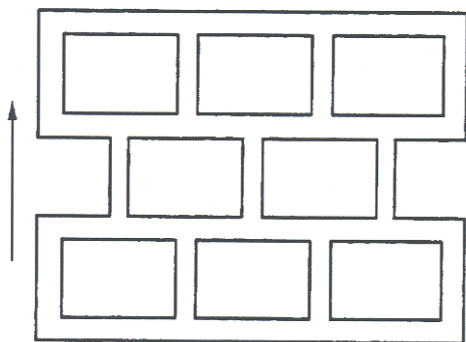


$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]	
	0,80	
0,64	0,19/ 0,53	
1,05	0,12/ 0,83	

Figura B.22 – Unidades de alvenaria sílico-calcárias – Geometria 2,6/2,1
(proporção de paredes transversais: 63 %; percentagem de furação: 14 %)
dimensões de base: $l = 240$ mm; $w = 115$ mm; $h_U = 113$ mm; $h_M = 12$ mm

NOTA: Os Quadros B.23 a B.28 inclusive foram calculados sem juntas verticais de argamassa. Os Quadros B.29 a B.33 inclusive foram calculados com bolsas de argamassa. O Quadro B.34 é baseado numa junta vertical contínua de argamassa. Os valores dos Quadros B.29 a B.33 inclusive são válidos para mais do que um formato, os desenhos apresentados são apenas exemplificativos das geometrias abrangidas.

Quadro B.23 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 1/1,2



$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
	0,16	0,32	0,80 ¹⁾
0,35	0,32/ 0,31	0,31/ 0,32	0,29/ 0,34
0,50	0,27/ 0,37	0,27/ 0,37	0,25/ 0,40
0,67	0,24/ 0,42	0,24/ 0,42	0,22/ 0,45
0,83	-	0,21/ 0,48	0,20/ 0,50
1,00	-	-	0,19/ 0,53
1,25	-	-	0,17/ 0,59
1,50	-	-	0,15/ 0,67

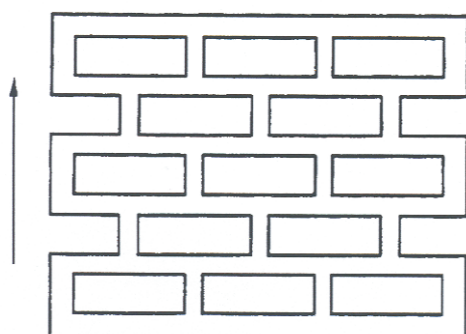
1) Estes valores são válidos se não existir argamassa na junta vertical (o que significa que as filas de perfurações não são interrompidas na junta vertical).

Figura B.23 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 1/1,2

(proporção de paredes transversais: 16 % a 21 %;
percentagem de furação: 58,9 %)

dimensões de base: $l = 380$ mm; $w = 300$ mm; $h_U = 221$ mm;
 $h_M = 12$ mm

Quadro B.24 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 1,7/1,2

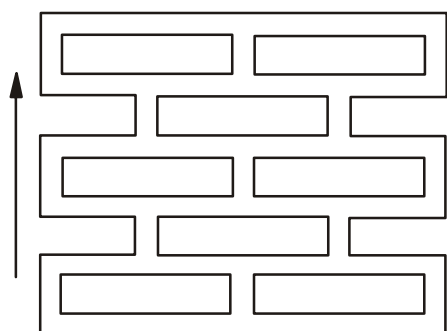


$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
	0,16	0,32	0,80 ¹⁾
0,35	0,42/ 0,24	0,41/ 0,24	0,37/ 0,27
0,50	0,36/ 0,28	0,35/ 0,29	0,33/ 0,30
0,67	- -	0,31/ 0,32	0,29/ 0,34
0,83	- -	0,28/ 0,36	0,26/ 0,38
1,00	- -	- -	0,24/ 0,42
1,25	- -	- -	0,22/ 0,45
1,50	- -	- -	0,20/ 0,50

1) Estes valores são válidos se não existir argamassa na junta vertical (o que significa que as filas de perfurações não são interrompidas na junta vertical).

Figura B.24 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 1,7/1,2
(proporção de paredes transversais: 13 % – 19 %; percentagem de furação: 54,4 %)
dimensões de base: $l = 380$ mm; $w = 300$ mm; $h_U = 221$ mm; $h_M = 12$ mm

Quadro B.25 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 1,7/0,8

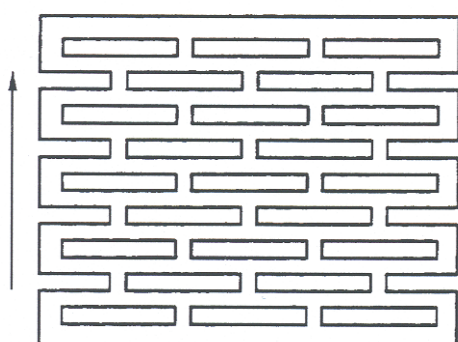


$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m².K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]	
	0,32	0,80 ¹⁾
	0,35	0,41/ 0,24
0,50	0,35/ 0,29	0,33/ 0,30
0,67	0,31/ 0,32	0,29/ 0,34
0,83	0,29/ 0,34	0,27/ 0,37
1,00	- -	0,25/ 0,40
1,25	- -	0,22/ 0,45
1,50	- -	0,21/ 0,48

1) Estes valores são válidos se não existir argamassa na junta vertical (o que significa que as filas de perfurações não são interrompidas na junta vertical).

Figura B.25 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 1,7/0,8
(proporção de paredes transversais: 11 % - 16 %; percentagem de furação: 51,8 %)
dimensões de base: $l = 380$ mm; $w = 300$ mm; $h_U = 221$ mm; $h_M = 12$ mm

Quadro B.26 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 3/1,2

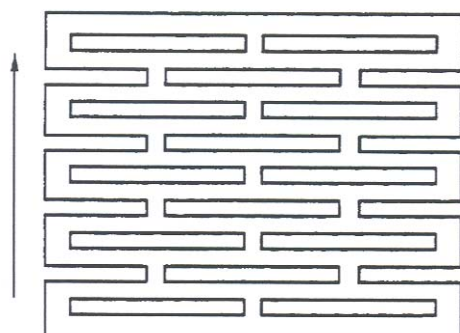


$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
	0,16	0,32	0,80 ¹⁾
0,17	0,77/ 0,13	0,73/ 0,14	0,64/ 0,18
0,35	0,55/ 0,18	0,53/ 0,19	0,48/ 0,21
0,50	0,47/ 0,21	0,45/ 0,22	0,41/ 0,24
0,67	- -	0,40/ 0,25	0,37/ 0,27

1) Estes valores são válidos se não existir argamassa na junta vertical (o que significa que as filas de perfurações não são interrompidas na junta vertical).

Figura B.26 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 3/1,2
(proporção de paredes transversais: 11 % – 18 %; percentagem de furação: 40,9 %)
dimensões de base: $l = 380$ mm; $w = 300$ mm; $h_U = 221$ mm; $h_M = 12$ mm

Quadro B.27 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 3/0,8



$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
	0,16	0,32	0,80 ¹⁾
0,17	0,78/ 0,13	0,73/ 0,14	0,64/ 0,16
0,35	0,57/ 0,18	0,54/ 0,19	0,49/ 0,20
0,50	0,49/ 0,20	0,47/ 0,21	0,43/ 0,23

1) Estes valores são válidos se não existir argamassa na junta vertical (o que significa que as filas de perfurações não são interrompidas na junta vertical).

Figura B.27 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 3/0,8
(proporção de paredes transversais: 7 % – 14 %; percentagem de furação: 42,7 %)
dimensões de base: $l = 380$ mm; $w = 300$ mm; $h_U = 221$ mm; $h_M = 12$ mm

Quadro B.28 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 3,7/0,8



$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
	0,16	0,32	0,80 ¹⁾
0,17	0,79/ 0,13	0,74/ 0,14	0,64/ 0,16
0,35	0,57/ 0,18	0,55/ 0,18	0,49/ 0,20
0,50	0,49/ 0,20	0,47/ 0,21	0,43/ 0,23

1) Estes valores são válidos se não existir argamassa na junta vertical (o que significa que as filas de perfurações não são interrompidas na junta vertical).

Figura B.28 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 3,7/0,8
(proporção de paredes transversais: 7 % – 14 %; percentagem de furação: 35,9 %)
dimensões de base: $l = 380$ mm; $w = 300$ mm; $h_U = 221$ mm; $h_M = 12$ mm

Quadro B.29 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 0,6/x

$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)]	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)]		
	com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
das unidades	0,16	0,32	0,80
0,10	0,75/ 0,13	0,71/ 0,14	0,65/ 0,15
0,17	0,51/ 0,20	0,49/ 0,20	0,45/ 0,22
0,25	0,38/ 0,26	0,37/ 0,27	0,34/ 0,29
0,40	0,28/ 0,36	0,27/ 0,37	0,29/ 0,40
0,55	0,23/ 0,43	0,22/ 0,45	0,21/ 0,48
0,75	-	-	0,17/ 0,59
1,00	-	-	0,14/ 0,71
1,25	-	-	0,12/ 0,83
1,50	-	-	0,11/ 0,91

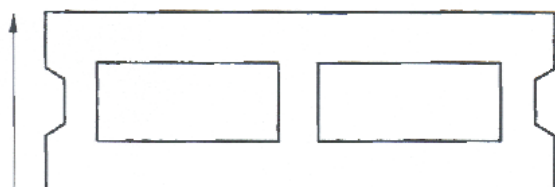


Figura B.29 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 0,6/x
(proporção de paredes transversais: 20,2 %; percentagem de furação: 30 %)
dimensões de base: $l = 495$ mm; $w = 175$ mm; $h_U = 238$ mm; $h_M = 12$ mm

Quadro B.30 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 0,8/x

$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
	0,16	0,32	0,80
	0,10	0,74/ 0,14	0,68/ 0,15
0,17	0,52/ 0,19	0,48/ 0,21	0,42/ 0,24
0,25	0,40/ 0,25	0,38/ 0,26	0,34/ 0,29
0,40	0,29/ 0,34	0,28/ 0,36	0,25/ 0,40
0,55	0,23/ 0,43	0,22/ 0,45	0,20/ 0,50
0,75	-	-	0,16/ 0,63
1,00	-	-	0,13/ 0,77
1,25	-	-	0,11/ 0,91
1,50	-	-	0,10/ 1,00

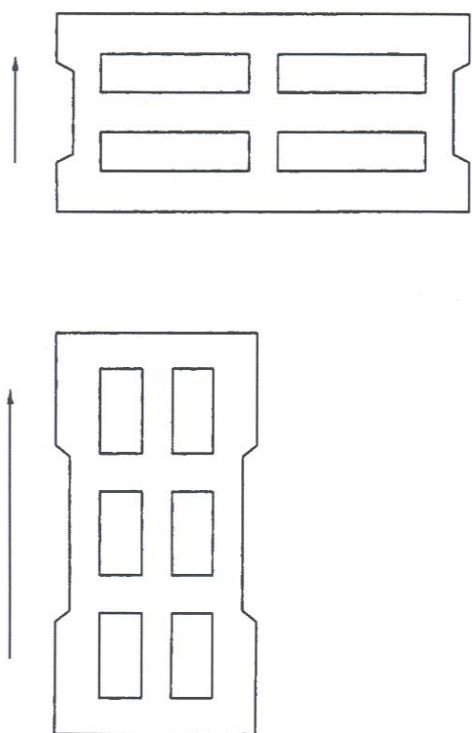
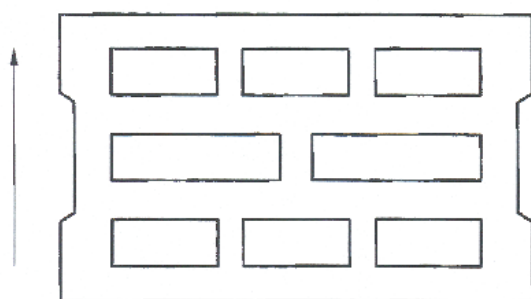


Figura B.30 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 0,8/x
(proporção de paredes transversais: 21,2 % – 40,8 %; percentagem de furação: 30,8 % – 31,4 %)
dimensões de base: $l = 495\text{mm}$; $w = 240\text{mm}$; $h_U = 238\text{mm}$; $h_M = 12\text{mm}$

Quadro B.31 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 1,0/x



$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
	0,16	0,32	0,80
	0,10	0,77/ 0,13	0,72/ 0,14
0,17	0,54/ 0,19	0,51/ 0,20	0,46/ 0,22
0,25	0,42/ 0,24	0,40/ 0,25	0,36/ 0,28
0,40	0,31/ 0,32	0,30/ 0,33	0,28/ 0,36
0,55	0,26/ 0,38	0,25/ 0,40	0,23/ 0,43
0,75	- -	- -	0,19/ 0,53
1,00	- -	- -	0,16/ 0,63
1,25	- -	- -	0,14/ 0,71
1,50	- -	- -	0,12/ 0,83

Figura B.31 – Blocos de alvenaria de betão leve – Geometria 1,0/x
(proporção de paredes transversais: 25,9 %; percentagem de furação: 35,4 %)
dimensões de base: $l = 495$ mm; $w = 300$ mm; $h_U = 238$ mm; $h_M = 12$ mm

Quadro B.32 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 1,3/x

$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
	0,16	0,32	0,80
	0,10	0,83/ 0,12	0,77/ 0,13
0,17	0,59/ 0,17	0,56/ 0,18	0,49/ 0,20
0,25	0,47/ 0,21	0,44/ 0,23	0,40/ 0,25
0,40	0,35/ 0,29	0,34/ 0,29	0,31/ 0,32
0,55	0,29/ 0,34	0,28/ 0,36	0,26/ 0,38
0,75	- -	- -	0,21/ 0,48
1,00	- -	- -	0,18/ 0,56
1,25	- -	- -	0,16/ 0,63
1,50	- -	- -	0,14/ 0,71

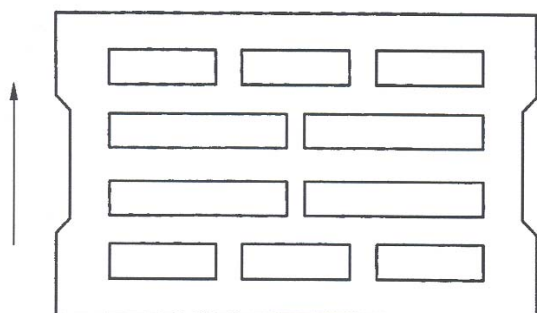
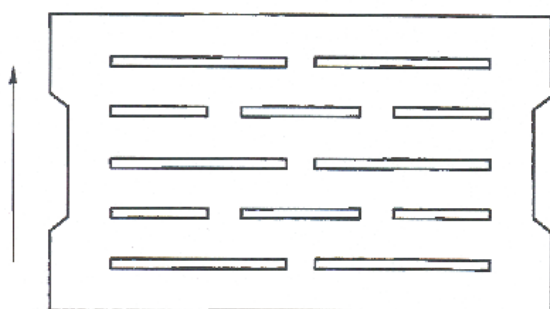


Figura B.32 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 1,3/x
(proporção de paredes transversais: 21,2 % – 48 %; percentagem de furação: 35,5 %)
dimensões de base: $l = 495$ mm; $w = 300$ mm; $h_U = 238$ mm; $h_M = 12$ mm

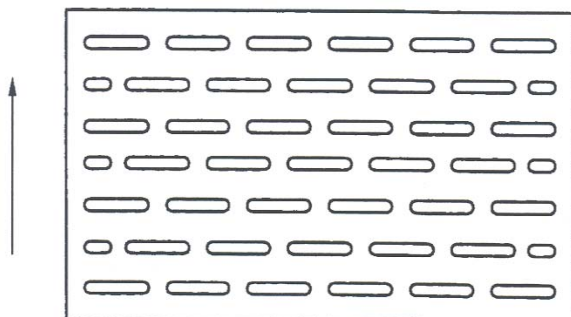
Quadro B.33 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 1,7/x



$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
	0,16	0,32	0,80
0,10	1,01/ 0,10	0,92/ 0,11	0,78/ 0,13
0,17	0,69/ 0,14	0,64/ 0,16	0,55/ 0,18
0,25	0,52/ 0,19	0,49/ 0,20	0,43/ 0,23
0,40	0,37/ 0,27	0,36/ 0,28	0,32/ 0,31
0,55	0,30/ 0,33	0,29/ 0,34	0,26/ 0,38

Figura B.33 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 1,7/x
(proporção de paredes transversais: 20,6 %; percentagem de furação: 11,8 %)
dimensões de base: $l = 495$ mm; $w = 300$ mm; $h_U = 238$ mm; $h_M = 12$ mm

Quadro B.34 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 3,0/x

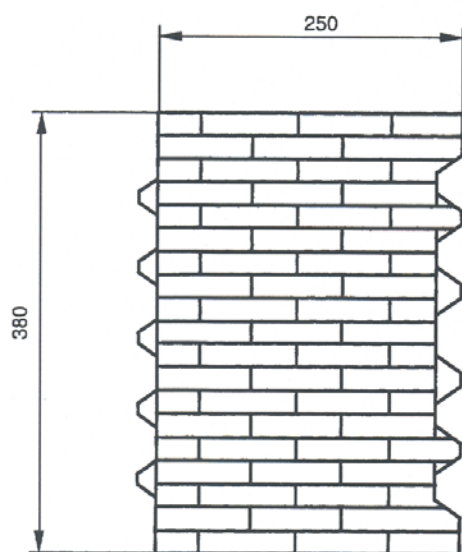


$\lambda_{\text{material}}$ [W/(m.K)] das unidades	R [(m ² .K)/W] por 100 mm de espessura/ λ_{equ} da parede [W/(m.K)] com uma argamassa de condutibilidade [W/(m.K)]		
	0,16	0,32	0,80
0,10	1,06/ 0,09	0,96/ 0,10	0,79/ 0,13
0,17	0,75/ 0,13	0,70/ 0,14	0,60/ 0,17
0,25	0,59/ 0,17	0,56/ 0,18	0,49/ 0,20
0,40	0,44/ 0,23	0,42/ 0,24	0,38/ 0,26

Figura B.34 – Unidades de alvenaria de betão leve – Geometria 3,0/x
(proporção de paredes transversais: 24,2 %; percentagem de furação: 23,1 %)
dimensões de base: $l = 495$ mm; $w = 300$ mm; $h_U = 238$ mm; $h_M = 12$ mm

Anexo C (informativo)

Exemplo de utilização dos quadros do Anexo B



Um tijolo de furação vertical com dimensões $l \times w \times h_u = 250 \text{ mm} \times 380 \text{ mm} \times 238 \text{ mm}$ tem uma massa seca de aproximadamente 13,6 kg. A junta horizontal é feita com uma argamassa isolante térmica de condutibilidade térmica $\lambda_{10, \text{seco}} = 0,16 \text{ W/m.K}$. A massa volúmica do material do tijolo é aproximadamente 1500 kg/m^3 , o que pode ser calculado a partir da massa e do volume líquido do tijolo (o volume líquido tem de ser determinado segundo a EN 772-3).

O tijolo tem 19 filas de furos, o que significa 5 filas de furos por 100 mm de espessura e 3 ou 4 furos por fila, o que significa 1,2 ou 1,6 furos por 100 mm de comprimento. Não existe classe de geometria 5/1,2; por consequência, o Quadro apropriado é o B.3 – Geometria 5/1,6. Os valores deste Quadro comportam uma margem de segurança devido ao número de perfurações por fila ou de espessura das paredes. No Anexo A podemos ler $0,43 \text{ W/(m.K)}$ como valor $\lambda_{10, \text{seco}}$ para um material de tijolo cerâmico com massa volúmica 1500 kg/m^3 (havendo medição individual de λ pode ser utilizado o valor medido). A partir da primeira coluna do Quadro B.3 ($\lambda_{\text{argamassa}} = 0,16 \text{ W/m.K}$) pode ser lida a resistência por 100 mm de espessura de $0,58 \text{ m}^2.\text{K/W}$ e o $\lambda_{\text{equ}} = 0,17 \text{ W/m.K}$. Como o tijolo tem uma espessura de 38 cm, o valor R para a parede seca é de $0,58 \times 3,8 = 2,204 \text{ m}^2.\text{K/W}$. O tijolo tem sistema de encaixe na junta vertical, o que torna desnecessária qualquer correcção devida à argamassa (mesmo se existisse uma junta vertical de argamassa essa correcção poderia ser negligenciada, por se utilizar uma argamassa isolante térmica). É desnecessária qualquer correcção devida a desvios dimensionais, porque o comprimento e a altura do tijolo são idênticos às “dimensões de base” da geometria B.3.

Para obter um valor térmico de cálculo, é preciso aplicar uma correcção à resistência em seco em função do teor de humidade. O coeficiente de correcção da humidade adoptado é de 6 % para uma variação de 1 % do teor de humidade, se não estiver disponível qualquer medição individual. Por consequência, para um teor de humidade de 1 % em volume, a resistência em seco deve ser multiplicada por 0,94 o que leva a uma resistência de cálculo igual a $2,204 \times 0,94 = 2,072 \text{ (m}^2.\text{K)/W}$; um teor de humidade de 1,5 % em volume leva a uma resistência de cálculo igual a $2,204 \times 0,91 = 2,006 \text{ (m}^2.\text{K)/W}$. O valor de cálculo U seria então igual no primeiro caso a $0,45 \text{ W/m}^2.\text{K}$ e a $0,46 \text{ W/m}^2.\text{K}$ no segundo caso.

Anexo D

(normativo)

Requisitos para os procedimentos de cálculo adoptados

D.1 Capacidade do programa

O utilizador deve dispor das informações necessárias sobre a capacidade do programa para simular as propriedades características aplicáveis do componente físico em estudo. Por consequência, devem ser definidos os seguintes aspectos do modelo de fluxo térmico:

- bi ou tridimensional;
- forma rectangular ou não rectangular;
- condutibilidade isotrópica ou não isotrópica. Neste caso:
 - anisotropia geral;
 - anisotropia parcial (para o que se relaciona com os valores próprios ou os vectores próprios de condutância);
- furações;
 - condutibilidade equivalente ou resistência (convecção e radiação);
 - permutas por radiação e condutibilidade equivalente (convecção);
 - modelo de permutas por radiação e de circulação do ar interno;
 - resistência térmica das perfurações a calcular segundo B.3 da EN ISO 6946:1996;
- transferência de massa (deslocação de ar e de humidade de um ambiente para outro);
- resistências superficiais a retirar da EN ISO 6946:1996.

Não há preferência específica relativamente aos métodos numéricos incluídos; por outro lado, o utilizador deve ser informado das vantagens e dos inconvenientes de cada método.

D.2 Dados de entrada e resultados

Os dados de entrada devem ser fornecidos de forma a permitir que uma entidade terceira possa efectuar os mesmos cálculos.

Os cálculos devem permitir pelo menos a obtenção dos seguintes resultados:

- temperatura superficial mínima de todas as faces do elemento de ensaio;
- temperatura superficial máxima de todas as faces do elemento de ensaio;
- coeficiente de combinação térmica bi ou tridimensional (respectivamente em W/m.K ou em W/K);
- número e tipo de elementos.

D.3 Verificação da exactidão do programa

O programa deve ser verificado calculando casos de referência. É admissível um desvio máximo de 2 % na condutância calculada por este programa.

D.4 Casos de referência

D.4.1 Caso 1: Cálculo da resistência térmica R e da condutibilidade térmica equivalente λ_{equ} de um elemento de alvenaria (com perfuração vertical).

Dados:

Geometria do elemento de alvenaria:	ver Figura D.1
Material:	$\lambda_{material} = 0,35 \text{ W/m.K}$
Condições de fronteira:	$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K/W}$ $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2.\text{K/W}$

Preparação dos dados de entrada:

Resistência das lâminas de ar no interior do elemento:

$$d = 0,0142 \text{ m}; b_1 = 0,0475 \text{ m} : \lambda_{equ} = 0,082 \text{ W/m.K}$$
$$b_2 = 0,0177 \text{ m} : \lambda_{equ} = 0,074 \text{ W/m.K}$$

Planos de corte:

- Planos de simetria perpendiculares aos planos das faces;
- Menor distância dos planos de simetria : $w = 125 \text{ mm}$.

Resultado do cálculo bidimensional:

Coefficiente de combinação térmica: $L^{2D} = 0,0707 \text{ W/m.K}$

Determinação dos valores térmicos R , λ_{equ} :

$$U = \frac{L}{w} = \frac{0,0707}{0,125} = 0,5656 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$R_T = \frac{1}{U} = 1,7680 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

$$R_t = R_T - R_{si} - R_{se} = 1,598 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

$$\lambda_{equ} = \frac{d}{R_t} = \frac{0,3002}{1,598} = 0,188 \text{ W/m.K}$$

NOTA: As definições e os símbolos são dados na EN ISO 10211-1.

Dimensões em milímetros

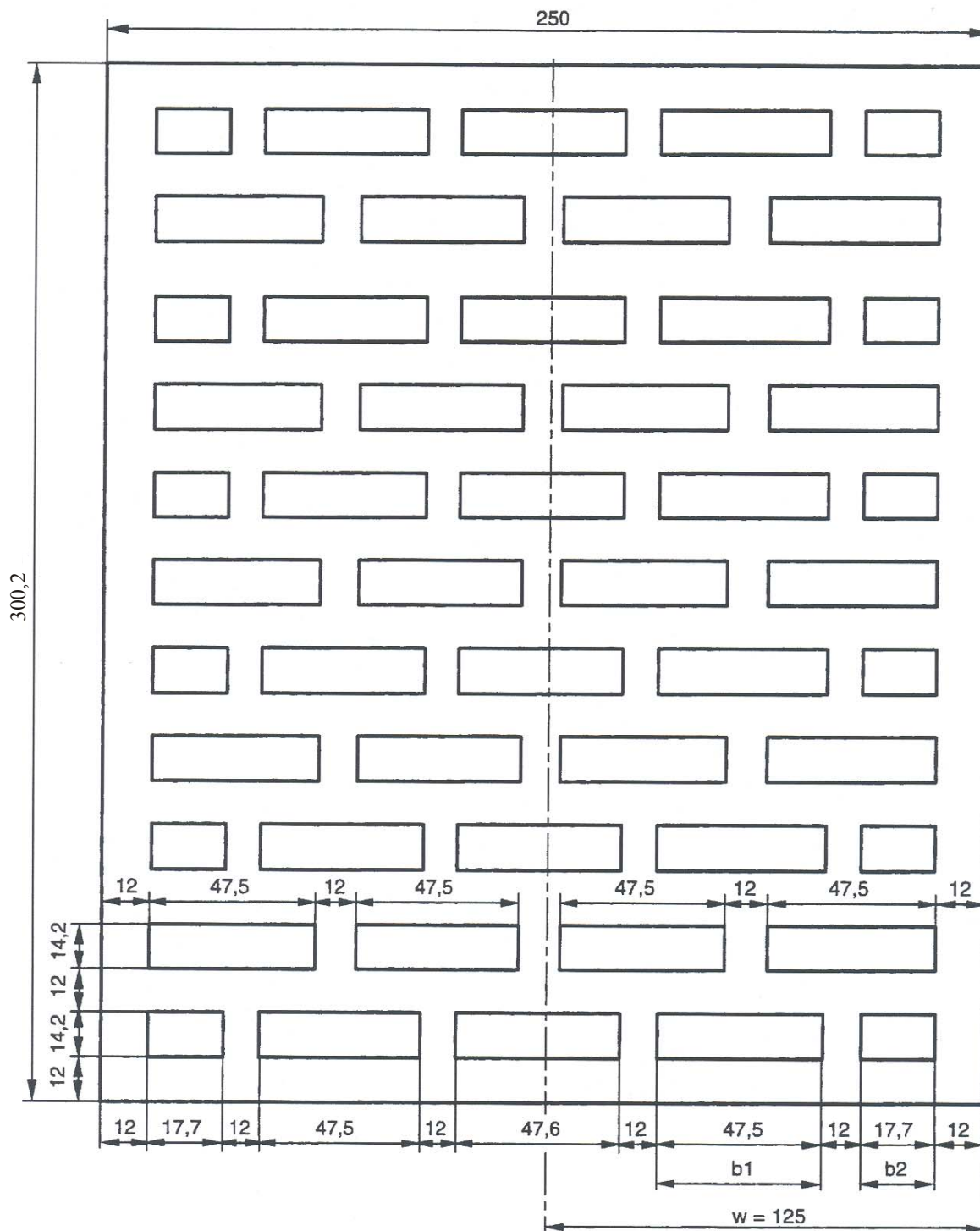


Figura D.1 – Geometria de um elemento de alvenaria, com perfuração vertical

D.4.2 Caso 2: Cálculo da resistência térmica R de alvenaria composta por elementos de alvenaria com perfuração vertical e camadas de rebocos interior e exterior.

Dados:

Geometria do componente do edifício: ver Figuras D.1 e D.2

Material: elementos de alvenaria $\lambda = 0,35 \text{ W/m.K}$

argamassa de alvenaria $\lambda = 0,20 \text{ W/m.K}$

rebocos – exterior: $\lambda = 0,45 \text{ W/m.K}$

interior: $\lambda = 0,10 \text{ W/m.K}$

Condições de fronteira: $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K/W}$

$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2.\text{K/W}$

Preparação dos dados de entrada:

Resistência das lâminas de ar no interior do elemento de alvenaria:

$d = 0,0142 \text{ m}$; $b_1 = 0,0475 \text{ m}$: $\lambda_{equ} = 0,082 \text{ W/m.K}$

$b_2 = 0,0177 \text{ m}$: $\lambda_{equ} = 0,074 \text{ W/m.K}$

Planos de corte:

Os planos verticais de corte são planos de simetria : $w = 125 \text{ mm}$

Os planos horizontais de corte são planos de simetria : $h = 250 \text{ mm}$

Resultado do cálculo tridimensional:

Coefficiente de combinação térmica: $L^{3D} = 0,0159 \text{ W/K}$

Determinação dos valores térmicos R , da alvenaria:

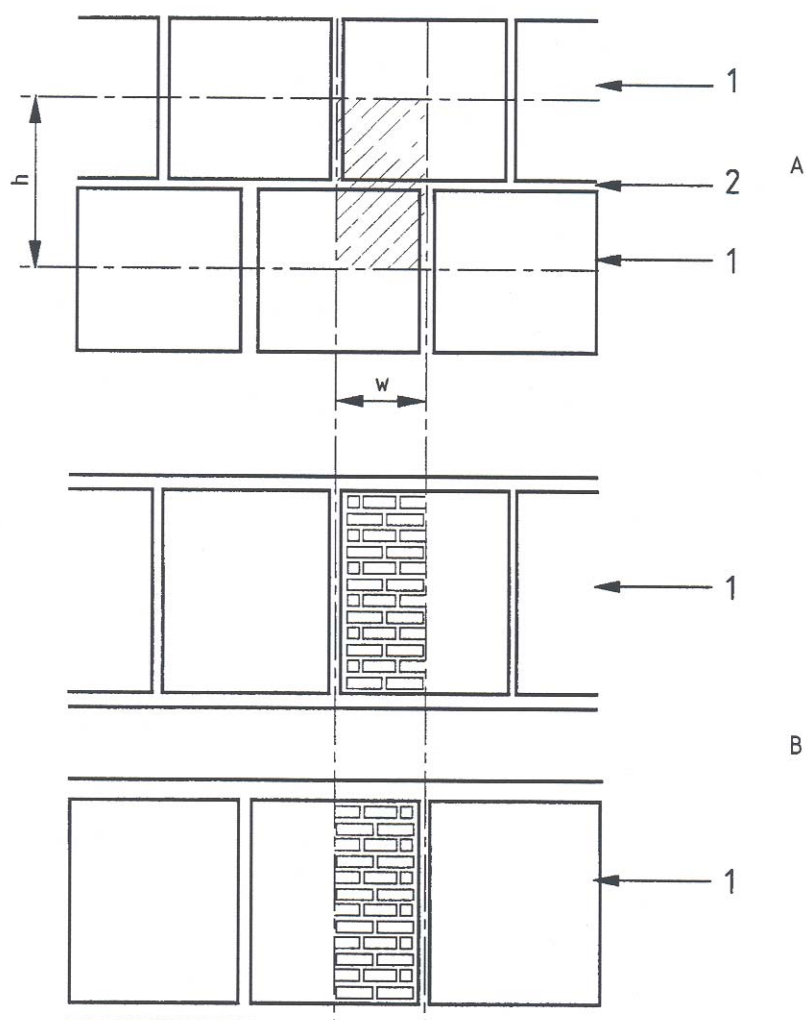
$$U = \frac{L}{A} = \frac{0,0159}{0,125 \times 0,25} = 0,5088 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$R_T = \frac{1}{U} = 1,9654 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

$$R_t = R_T - R_{si} - R_{se} - \frac{d_i}{\lambda_i} = 1,5399 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

NOTA: O termo d_i / λ_i está relacionado com as duas camadas de reboco.

Os símbolos e definições são dados na EN ISO 10211-1.



Legenda

A Vista

B Secções horizontais

1 Camada de elementos de alvenaria

2 Camada de argamassa

Figura D.2 – Geometria de alvenaria composta por elementos de alvenaria com perfuração vertical, camada de argamassa e camada de gesso

D.4.3 Caso 3: Cálculo da resistência térmica R_t de alvenaria composta por elementos de alvenaria, por camadas horizontais de argamassa, por bolsas de argamassa verticais e por uma camada isolante suplementar exterior.

Dados:

Geometria do componente do edifício: ver Figura D.3

Material:	elementos de alvenaria	$\lambda = 0,65 \text{ W/m.K}$
	argamassa (juntas, bolsas)	$\lambda = 1,00 \text{ W/m.K}$
	reboco – exterior:	$\lambda = 0,50 \text{ W/m.K}$
	interior:	$\lambda = 0,40 \text{ W/m.K}$
	cimentos cola	$\lambda = 0,30 \text{ W/m.K}$
	material isolante	$\lambda = 0,041 \text{ W/m.K}$
	Condições de fronteira:	$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K/W}$
		$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2.\text{K/W}$

Preparação dos dados de entrada:

Resistência das lâminas de ar no interior do elemento de alvenaria:

$$d = 0,036 \text{ mm}; b = 0,095 \text{ mm}; \lambda_{equ} = 0,174 \text{ W/m.K}$$

Planos de corte:

Verticalmente, existem planos de simetria distantes de 125 mm.

Horizontalmente não existem planos de simetria devido à assimetria do elemento de alvenaria.

Para determinar a influência da escolha dos planos de corte sem considerar a simetria, os cálculos foram efectuados para dois elementos de alvenaria de alturas diferentes:

Tipo	altura (mm)
1	250 (1 camada)
2	500 (2 camadas)

Resultado do cálculo tridimensional:

Tipo	L^{3D} [W/K]
1	0,01314
2	0,02628

Determinação dos valores térmicos U , R :

Usando

$$U = \frac{L^{3D}}{A} \text{ W/m}^2.\text{K} ; R_T = \frac{1}{U} \text{ m}^2.\text{K/W}$$

e

$$R_t = R_T - R_{si} - R_{se} - \frac{d_i}{\lambda_i} \text{ m}^2.\text{K/W}$$

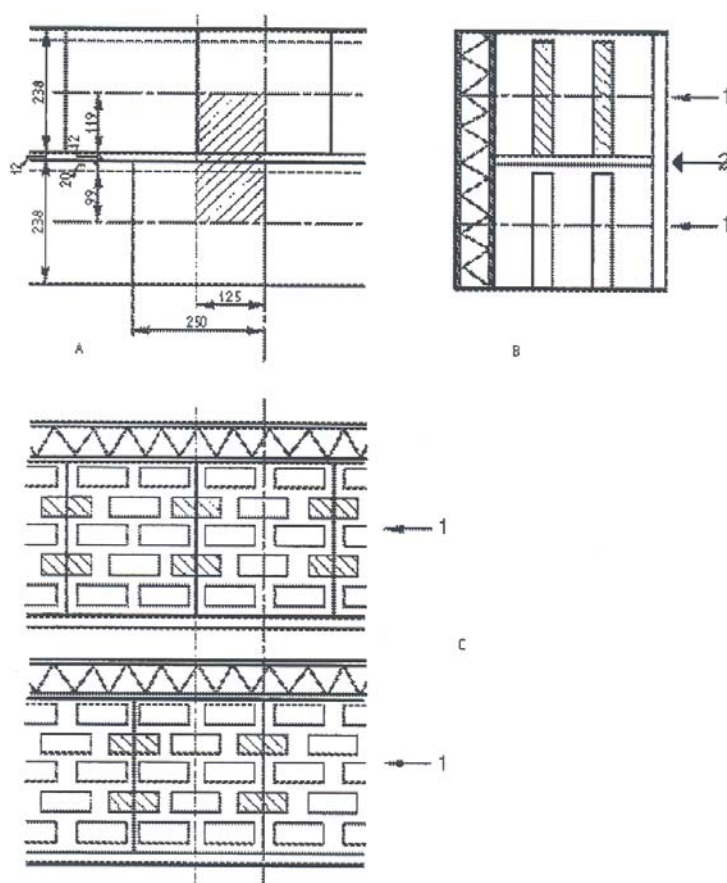
obtém-se os valores térmicos apresentados no Quadro seguinte:

Tipo	Altura (mm)	U (W/m ² .K)	Rt (m ² .K/W)
1	250	0,4205	0,6682
2	500	0,4205	0,6682

NOTA: O resultado mostra que neste caso especial a influência da selecção dos planos de corte sem considerar a simetria é tão fraca que não pode ser detectada a nível da exactidão do cálculo.

Os símbolos e definições são dados na EN ISO 10211-1.

Dimensões em milímetros



Legenda

A Vista

B Secção vertical

C Secção horizontal

1 Camada de elementos de alvenaria 2 Argamassa

Figura D.3 – Geometria de alvenaria composta por elementos de alvenaria, por camadas horizontais de argamassa, bolsas verticais de argamassa e uma camada exterior de isolamento

Dimensões em milímetros

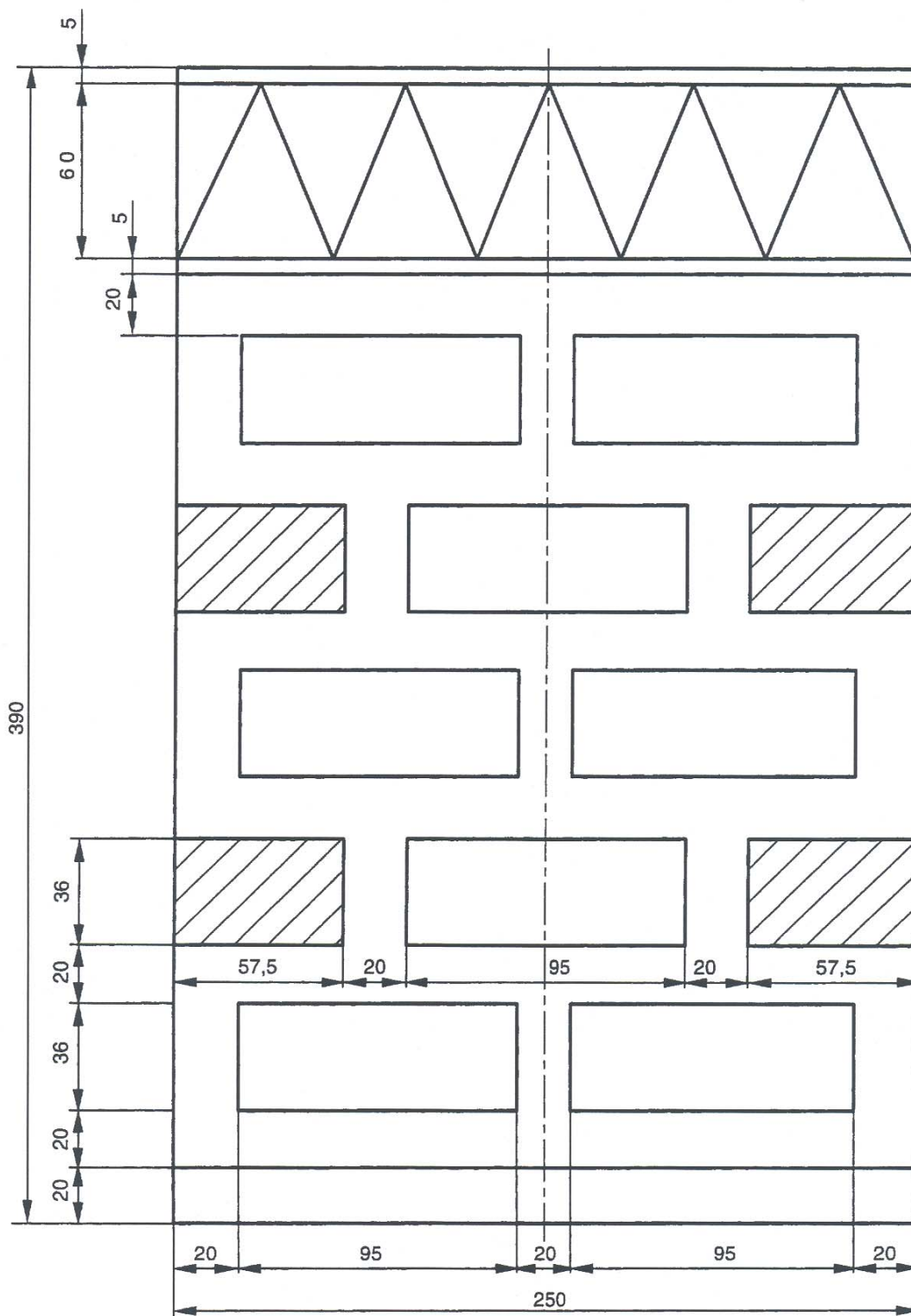


Figura D.3a - Geometria de uma unidade de tijolos montados com cimento

Anexo E

(normativo)

Avaliação da conformidade dos valores λ ou R

E.1 Generalidades

Este anexo apresenta os modos operatórios para os ensaios de tipo iniciais e o controlo de produção em fábrica das propriedades térmicas das unidades de alvenaria. A avaliação da conformidade doutras propriedades dos produtos de alvenaria é tratada nas normas de produto aplicáveis.

E.2 Ensaio térmico de tipo inicial de um produto

Os ensaios seguintes devem ser efectuados pelo menos no início da produção ou quando ocorrer uma alteração importante das matérias-primas ou do processo produtivo.

E.2.1 Se os valores térmicos se baseiam em medições feitas em ensaios, devem ser efectuados três ensaios distintos para a resistência térmica e/ou a condutibilidade térmica equivalente conforme descrito em 5.1.

E.2.2 Se os valores térmicos se baseiam em métodos de cálculo e num valor λ medido, deve ser utilizado o seguinte procedimento:

- a) Recolher ao acaso 7 amostras em cada um de três lotes diferentes para determinação da massa volúmica, das dimensões, das tolerâncias e da forma geométrica e 1 amostra para determinação de λ .
- b) Efectuar 21 ensaios de massa volúmica em conformidade com a EN 772-4 ou a EN 772-13.
- c) Determinar λ em conformidade com 4.2.
- d) Determinar as dimensões em conformidade com a EN 772-16 e avaliar os desvios dimensionais e de forma geométrica.

E.3 Controlo de produção em fábrica

E.3.1 Controlo de produto acabado – baseado em valores tabelados

Para produtos cujos valores de cálculo são determinados a partir de valores tabelados, apenas a massa volúmica é controlada pelo sistema de controlo da produção em fábrica.

E.3.2 Controlo de produto acabado – baseado em medições

Além do controlo regular das dimensões, das tolerâncias, da forma geométrica e da massa volúmica, a correlação λ -massa volúmica deve ser reconfirmada pelo menos por um ensaio por ano se os valores anunciados foram baseados em medições.

Se o resultado não ultrapassar o limite superior, a conformidade fica demonstrada.

NP
EN 1745
2005

p. 56 de 59

Se a propriedade medida exceder o limite superior, devem ser ensaiadas duas amostras suplementares recolhidas aleatoriamente, após serem investigadas as causas e aplicadas acções correctivas que evitem a repetição de tal ocorrência.

Os valores são então considerados como confirmados se:

- Não mais do que um dos valores medidos exceder os valores anunciados em mais que 10 % e a média das três medições for igual ou inferior ao limite superior.

Se o produto não está conforme, o valor anunciado deve ser alterado.

Anexo ZA (informativo)

Desvios tipo A

Desvio tipo A: Divergências nacionais resultantes de regulamentação, cuja alteração está, por agora, fora da competência dos membros do CEN/CENELEC.

Nos correspondentes países do CEN/CENELEC estes desvios tipo A são válidos em vez das disposições da Norma Europeia até que sejam eliminados.

Secção Divergência

4.1 **França** (Décret n° 88-319 du 05avril 1988 portant modification des articles R 111-6 e R 111-7 du code de la construction et de l’habitation relatifs aux équipements et aux caractéristiques thermiques des bâtiments d’habitation) (Arrêté du 05 avril 1988 relatif aux solutions techniques pour maisons individuelles et aux méthodes de calcul des coefficients de déperditions thermiques, de besoins de chauffage et de performance thermique globale des logements).

A regulamentação francesa especifica o uso do método de cálculo ThK francês.

4.2.1 **França** (Décret n° 88-319 du 05avril 1988 portant modification des articles R 111-6 e R 111-7 du code de la construction et de l’habitation relatifs aux équipements et aux caractéristiques thermiques des bâtiments d’habitation) (Arrêté du 05 avril 1988 relatif aux solutions techniques pour maisons individuelles et aux méthodes de calcul des coefficients de déperditions thermiques, de besoins de chauffage et de performance thermique globale des logements).

A regulamentação francesa especifica o uso do método de cálculo ThK francês.

4.2.2.4 **França** (Décret n° 88-319 du 05avril 1988 portant modification des articles R 111-6 e R 111-7 du code de la construction et de l’habitation relatifs aux équipements et aux caractéristiques thermiques des bâtiments d’habitation) (Arrêté du 05 avril 1988 relatif aux solutions techniques pour maisons individuelles et aux méthodes de calcul des coefficients de déperditions thermiques, de besoins de chauffage et de performance thermique globale des logements).

A regulamentação francesa especifica o uso do método de cálculo ThK francês.

4.3 **França** (Décret n° 88-319 du 05avril 1988 portant modification des articles R 111-6 e R 111-7 du code de la construction et de l’habitation relatifs aux équipements et aux caractéristiques thermiques des bâtiments d’habitation) (Arrêté du 05 avril 1988 relatif aux solutions techniques pour maisons individuelles et aux méthodes de calcul des coefficients de déperditions thermiques, de besoins de chauffage et de performance thermique globale des logements).

A regulamentação francesa especifica o uso do método de cálculo ThK francês.

5.1 **França** (Décret n° 88-319 du 05avril 1988 portant modification des articles R 111-6 e R 111-7 du code de la construction et de l’habitation relatifs aux équipements et aux caractéristiques thermiques des bâtiments d’habitation) (Arrêté du 05 avril 1988 relatif aux solutions techniques

pour maisons individuelles et aux méthodes de calcul des coefficients de déperditions thermiques, de besoins de chauffage et de performance thermique globale des logements).

A regulamentação francesa especifica o uso do método de cálculo ThK francês.

- 5.2.1 **França** (Décret n° 88-319 du 05avril 1988 portant modification des articles R 111-6 e R 111-7 du code de la construction et de l'habitation relatifs aux équipements et aux caractéristiques thermiques des bâtiments d'habitation) (Arrêté du 05 avril 1988 relatif aux solutions techniques pour maisons individuelles et aux méthodes de calcul des coefficients de déperditions thermiques, de besoins de chauffage et de performance thermique globale des logements).

A regulamentação francesa especifica o uso do método de cálculo ThK francês.

- 6.2 **França** (Décret n° 88-319 du 05avril 1988 portant modification des articles R 111-6 e R 111-7 du code de la construction et de l'habitation relatifs aux équipements et aux caractéristiques thermiques des bâtiments d'habitation) (Arrêté du 05 avril 1988 relatif aux solutions techniques pour maisons individuelles et aux méthodes de calcul des coefficients de déperditions thermiques, de besoins de chauffage et de performance thermique globale des logements).

A regulamentação francesa especifica o uso do método de cálculo ThK francês.

- 6.3.1.2 **França** (Décret n° 88-319 du 05avril 1988 portant modification des articles R 111-6 e R 111-7 du code de la construction et de l'habitation relatifs aux équipements et aux caractéristiques thermiques des bâtiments d'habitation) (Arrêté du 05 avril 1988 relatif aux solutions techniques pour maisons individuelles et aux méthodes de calcul des coefficients de déperditions thermiques, de besoins de chauffage et de performance thermique globale des logements).

A regulamentação francesa especifica o uso do método de cálculo ThK francês.

Bibliografia

[1] EN 998, Specification for mortar for masonry