

Caracterização Térmica de Unidades de Alvenaria

Relatório de trabalho Nº: 3.1.5.44704-0/21

Cliente: Presdouro-pré Esforçados Beira Douro, Sa

Contacto no cliente: Eng.ª Paula Henriques

Contacto no CTCV: J. Valente de Almeida / Filipe Ferreira

Período de Realização do Trabalho: Dezembro 2021 a Janeiro 2022

ÍNDICE

1. OBJECTIVO.....	3
2. MEMÓRIA DESCRITIVA.....	3
3. DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS	3
ANEXO TÉCNICO.....	6
1. TERMOS, DEFINIÇÕES E SÍMBOLOS	7
1.1. TERMOS E DEFINIÇÕES.....	7
1.2. SÍMBOLOS	8
2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	8
3. CARACTERIZAÇÃO DOS VALORES TÉRMICOS DAS UNIDADES DE ALVENARIA;	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
5. BIBLIOGRAFIA	14

Caracterização térmica de unidades de alvenaria

Presdouro-pré Esforçados Beira Douro, Sa

1. Objectivo

Determinar as propriedades térmicas das unidades de alvenaria da empresa Presdouro-pré Esforçados Beira Douro, Sa, nos formatos Bloco Térmico Zenith 390x240x145mm, Bloco Térmico Zenith 390x240x207mm, Bloco Térmico Zenith 390x240x238mm, Bloco Térmico Zenith 390x240x300mm, Bloco Térmico Zenith 390x240x362mm, Termobloco 490x190x150mm, Termobloco 490x190x200mm, Termobloco 490x190x250mm e Termobloco 390x190x300mm.

2. Memória Descritiva

A empresa Presdouro-pré Esforçados Beira Douro, Sa, solicitou ao CTCV a caracterização dos valores térmicos das unidades (elementos) de alvenaria.

Segundo o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (RHE)¹ [1] o comportamento térmico de uma parede é caracterizado pelo seu coeficiente de transmissão térmica.

As propriedades térmicas das unidades de alvenaria com furação horizontal ou vertical são influenciadas pelas características térmicas de condutibilidade térmica do material e pela geometria dos alvéolos.

Em conformidade com as novas normas europeias harmonizadas e, conseqüentemente, da obrigatoriedade da marcação CE dos produtos de construção, a caracterização térmica das unidades de alvenaria e das paredes de alvenaria simples de tijolo utilizou como normas de referência a EN 771-3 [2], NP EN 1745:2004 [3] e a ISO 6946:1996 [4].

3. Determinação das propriedades térmicas

O coeficiente de transmissão térmica de uma unidade de alvenaria é directamente proporcional à quantidade de calor que a atravessa, isto é quanto maior for esta grandeza tanto mais fácil a unidade de alvenaria se deixa atravessar pelo calor, ou seja, apresenta menor isolamento térmico.

¹ Decreto-Lei 118/2013 de 20 de Agosto, o RHE (Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação)
Proj. nº 3.1.5.44704 Rel. nº 1 Revisão: 0 Data: Janeiro de 2022

Segundo o RHE os valores de referência para o coeficiente de transmissão térmica em zonas correntes são indicados no quadro 1:

Coeficientes de transmissão térmica de referência ($U - W/m^2 \cdot ^\circ C$)			
	Zona Climática		
Elementos da envolvente	I1	I2	I3
Elementos exteriores em zona corrente			
Zonas opacas verticais	0,50	0,40	0,35
Elementos interiores em zona corrente			
Zonas opacas verticais	1,00	0,80	0,70

Quadro 1 - Coeficiente de transmissão térmica de referência

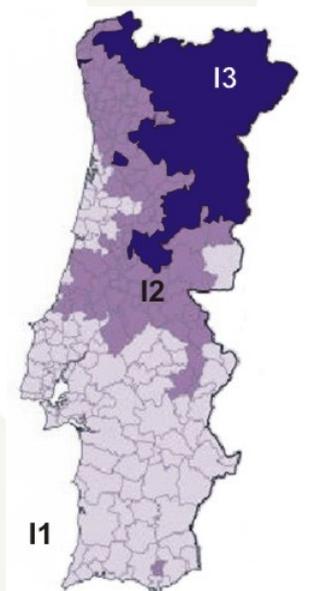


Figura 1 - Portugal Continental. Zonas Climáticas de Inverno

Em função do estudo efectuado e dos valores das propriedades térmicas das unidades de alvenaria podemos concluir segundo o RHE que os elementos de alvenaria por si só não cumprem o regulamento. A solução construtiva passará sempre por paredes duplas e/ou isolamento adicional.

Relativamente à ficha técnica do produto, prevista no anexo ZA da norma EN 771-3, para efeitos da marcação CE, recomendamos a indicação de um dos seguintes valores:

Formato	Resistência Térmica do Elemento	Condutibilidade Térmica equivalente
	Rt [(m ² · K)/W] (*)	λ _{equi} [W/m.K] (*)
Bloco Térmico Zenith 390x240x145mm	0,850	0,171
Bloco Térmico Zenith 390x240x207mm	1,137	0,182
Bloco Térmico Zenith 390x240x238mm	1,318	0,181
Bloco Térmico Zenith 390x240x300mm	1,516	0,198
Bloco Térmico Zenith 390x240x362mm	1,967	0,184
Termobloco 490x190xx150	0,562	0,267
Termobloco 490x190xx200	0,759	0,264
Termobloco 490x190xx250	0,757	0,330
Termobloco 390x190xx300	0,805	0,373

(*) Valor determinado com base na massa volumica real dos blocos (ver fichas técnicas em anexo)

Quadro 2 - Resistência térmica e condutibilidade térmica das unidades de alvenaria

Coimbra, 19 de Janeiro de 2022



Filipe Ferreira

Laboratório de Ensaios de Produtos



Joaquim Valente de Almeida

Laboratório de Ensaios de Produtos

Os resultados apresentados neste trabalho referem-se apenas às amostras ensaiadas. Não se assume qualquer responsabilidade relativa à exactidão da amostragem, a menos que seja efectuada sob a directa responsabilidade do CTCV. A reprodução deste trabalho é autorizada apenas na sua forma integral. Para qualquer reprodução parcial será indispensável autorização do CTCV por escrito.

Anexo Técnico

Proj. nº 3.1.5.44704

Rel. nº 1

Revisão: 0

Data: Janeiro de 2022

1. Termos, definições e símbolos

1.1. Termos e definições

(de acordo com a Norma NP EN 1745:2004 e Parede de Edifícios [5] e Térmica de Edifícios [6] - Laboratório Nacional de Engenharia Civil)

Alvenaria - montagem de unidades de alvenaria assentes segundo um padrão especificado e mantidas solidárias com argamassas de alvenaria.

Valor térmico - termo comum tanto para a condutibilidade térmica como para a resistência térmica.

Condutibilidade térmica equivalente - valor obtido por divisão da espessura de uma dada alvenaria ou estrutura pela sua resistência térmica.

Condutibilidade térmica do material - é uma propriedade térmica típica de um material, que mede a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma camada de espessura desse material por unidade de diferença de temperatura entre as suas duas faces.

Coefficiente de transmissão térmica - é a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária de um elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que este separa.

Resistência térmica de um elemento de construção - é o inverso da quantidade de calor por unidade de tempo e por unidade de área que atravessa o elemento de construção por unidade de diferença de temperatura entre as suas duas faces.

Propriedade que mede a resistência do elemento à transmissão de calor.

Resistência térmica total - É o inverso do coeficiente de transmissão térmica.

1.2. Símbolos

Símbolo	Grandeza	Unidades
$\lambda_{cerâmico}$	Condutibilidade térmica da cerâmica	$W/(m.K)$
λ_{equ}	Condutibilidade térmica equivalente	$W/(m.K)$
R_{ar}	Resistência térmica dos espaços de ar não-ventilados	$m^2.K/W$
U	Coefficiente de transmissão térmica do elemento da envolvente	$W/(m^2.K)$
T_e	Temperatura do ar exterior	K
T_i	Temperatura do ar interior	K
Q	perdas de calor entre ambientes	W
A	área do elemento da envolvente	m^2
R_{si}	Resistência térmica superficial interior	$m^2.K/W$
R_{se}	Resistência térmica superficial exterior	$m^2.K/W$
R_{al}	Resistência térmica da unidade de alvenaria	$m^2.K/W$

2. Procedimento experimental

A metodologia seguida no trabalho envolveu o desenho dos Blocos Térmicos Zenith nos formatos (390x240x145, 207, 238, 300 e 362) e dos Termoblocos nos formatos (490x190x150, 200, 250 e 390x190x300)

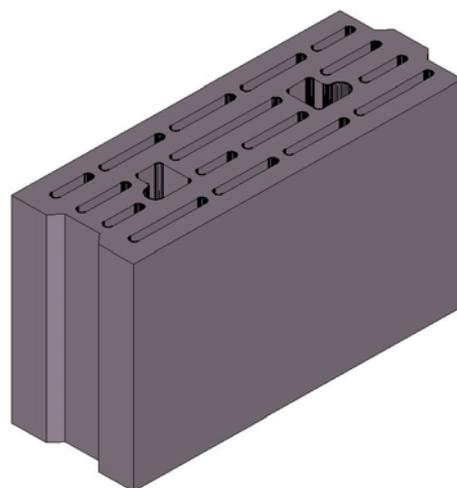


Figura 2 - Modelação 3D do Bloco Térmico Zenith 390x240x145

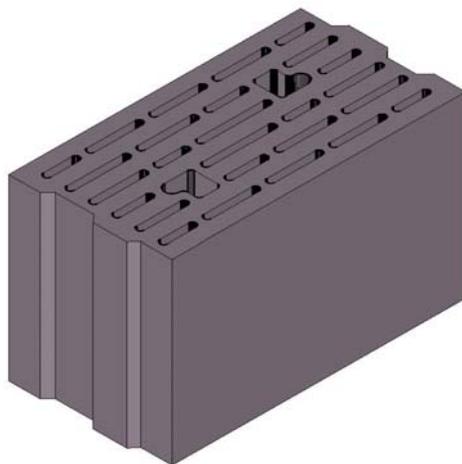


Figura 3 - Modelação 3D do Bloco Térmico Zenith 390x240x207

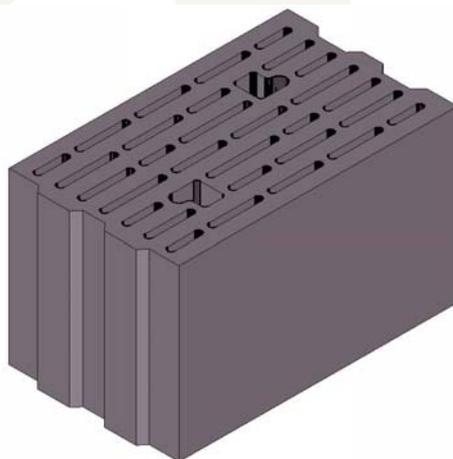


Figura 4 - Modelação 3D do Bloco Térmico Zenith 390x240x238

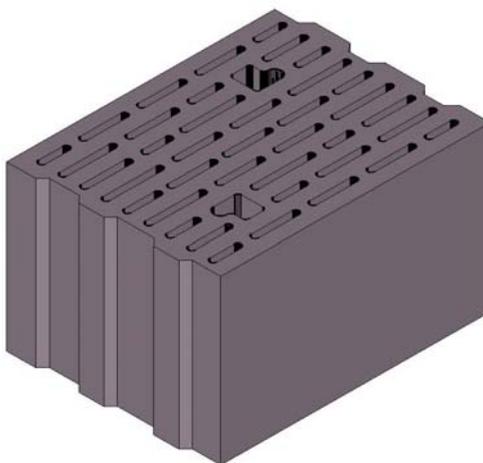


Figura 5 - Modelação 3D do Bloco Térmico Zenith 390x240x300

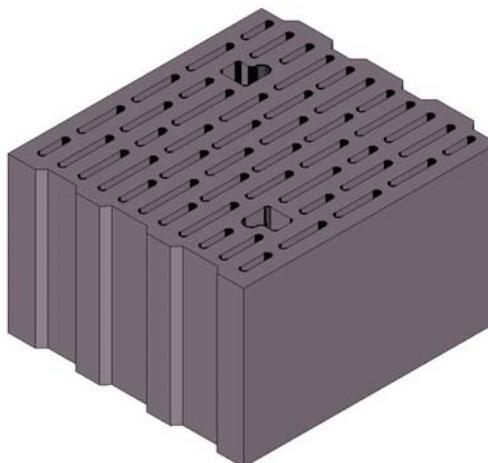


Figura 6 - Modelação 3D do Bloco Térmico Zenith 390x240x362

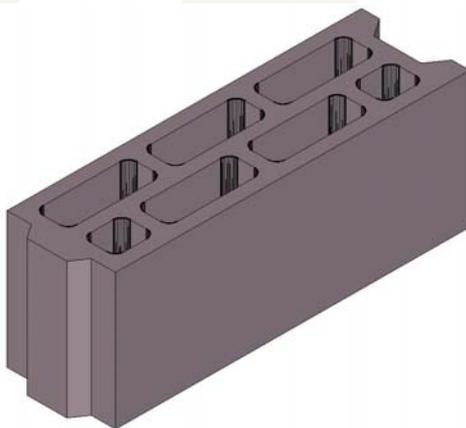


Figura 7 - Modelação 3D do Termobloco 490x190x150

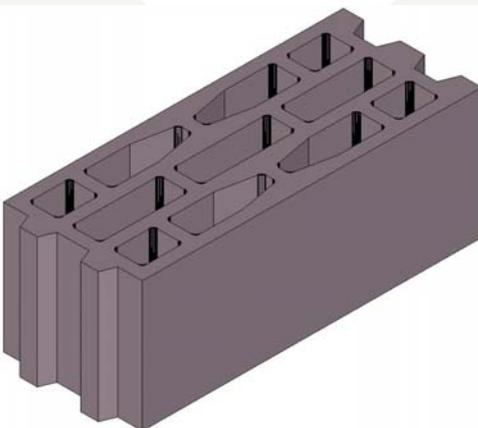


Figura 8 - Modelação 3D do Termobloco 490x190x200

Os resultados apresentados neste trabalho referem-se apenas às amostras ensaiadas. Não se assume qualquer responsabilidade relativa à exactidão da amostragem, a menos que seja efectuada sob a directa responsabilidade do CTCV. A reprodução deste trabalho é autorizada apenas na sua forma integral. Para qualquer reprodução parcial será indispensável autorização do CTCV por escrito.

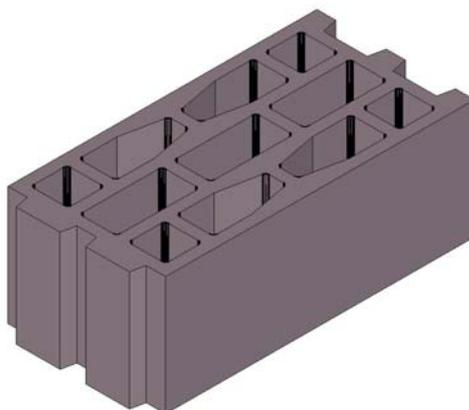


Figura 9 - Modelação 3D do Termobloco 490x190x250

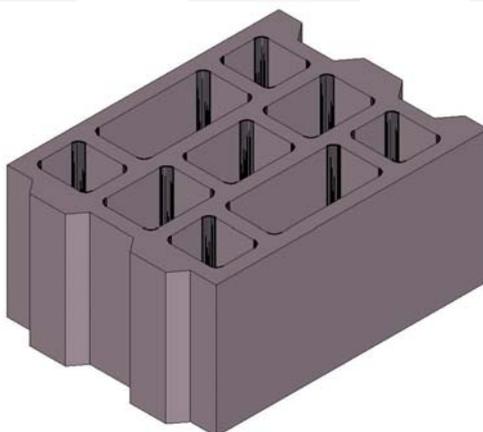


Figura 10 - Modelação 3D do Termobloco 390x190x300

3. Caracterização dos valores térmicos das unidades de alvenaria;

- ✓ Determinação das propriedades térmicas das unidades de alvenaria.

O coeficiente de transmissão térmica de uma unidade de alvenaria é directamente proporcional à quantidade de calor que a atravessa, isto é quanto maior for esta grandeza tanto mais fácil a unidade de alvenaria se deixa atravessar pelo calor, ou seja, apresenta menor isolamento térmico.

As perdas são calculadas para cada um dos elementos pela expressão:

$$Q = \lambda A \frac{(T_e - T_i)}{\Delta x} \quad (1)$$

em que:

- Q - perdas de calor entre ambientes (W)
- λ - Condutibilidade térmica do material ($W/m.K$)
- A - área do elemento da envolvente (m^2)
- T_i - Temperatura do ar interior (K)
- T_e - Temperatura do ar exterior (K)
- Δx - espessura do elemento da envolvente (m)

- ✓ Determinação das propriedades térmicas de paredes de alvenaria simples.

Segundo o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (RHE) o comportamento térmico de uma parede é caracterizado pelo seu coeficiente de transmissão térmica.

O coeficiente de transmissão térmica, U , de elementos constituídos por um ou vários materiais, em camadas de espessura constante, é calculado pela seguinte fórmula:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R_{al} + R_{se}} \quad (2)$$

em que,

- R_{si}, R_{se} - Resistências térmicas superficiais interior e exterior, respectivamente ($m^2.K/W$)
- R_{al} - Resistências térmicas da unidade de alvenaria ($m^2.K/W$)

Resistência térmica superficial exterior	$R_{se} = 1/h_e = 0,04 m^2.K/W$
Resistência térmica superficial interior	$R_{si} = 1/h_i = 0,13 m^2.K/W$

Os valores das resistências superficiais externa (R_{se}) e interna (R_{si}) são obtidos do RHE.

4. Resultados e Discussão

Concluídos o tratamento e a análise dos respectivos resultados, apresentam-se os valores das propriedades térmicas das unidades de alvenaria.

Formato	Desenho	Resistência Térmica do elemento Rt [m ² .K/W] (*)	Condutibilidade térmica equivalente λ_{equ} (W/m.K) (*)	Coefficiente de Transmissão Térmica U [W/(m ² .K)] (*)
Bloco Térmico Zenith 390x240x145mm		0,850	0,171	1,176
Bloco Térmico Zenith 390x240x207mm		1,137	0,182	0,880
Bloco Térmico Zenith 390x240x238mm		1,318	0,181	0,759
Bloco Térmico Zenith 390x240x300mm		1,516	0,198	0,660
Bloco Térmico Zenith 390x240x362mm		1,967	0,184	0,508
Termobloco 490x190x150		0,562	0,267	1,779
Termobloco 490x190x200		0,759	0,264	1,318
Termobloco 490x190x250		0,757	0,330	1,321
Termobloco 490x190x300		0,805	0,373	1,242

(*) Valor determinado com base na massa volúmica real dos blocos (ver fichas técnicas em anexo)

Quadro 3 - Resultados das propriedades térmicas dos elementos de alvenaria

Os resultados apresentados neste trabalho referem-se apenas às amostras ensaiadas. Não se assume qualquer responsabilidade relativa à exactidão da amostragem, a menos que seja efectuada sob a directa responsabilidade do CTCV. A reprodução deste trabalho é autorizada apenas na sua forma integral. Para qualquer reprodução parcial será indispensável autorização do CTCV por escrito.

O valor da Condutibilidade Térmica Equivalente (λ_{equ}) dos elementos de alvenaria (valor obtido pela divisão da espessura de uma dada alvenaria pela sua resistência térmica) está relacionado com a geometria dos alvéolos (resistência dos espaços de ar) e pelo próprio λ do material.

A Resistência Térmica (R_t) das unidades de alvenaria é a propriedade que mede a resistência do elemento à passagem de calor. Assim, podemos facilmente concluir que, os modelos que apresentem maiores valores são os modelos mais isolantes. Do mesmo modo verificamos que os modelos mais isolantes são os que apresentam menores valores de Coeficiente de Transmissão Térmica (U), ou seja, os modelos que permitem uma menor quantidade de calor por unidade de tempo e por unidade de área que atravessa o elemento de construção por unidade de diferença de temperatura entre as suas duas faces.

Para a caracterização das paredes devem usar-se os valores determinados das resistências térmicas dos elementos de alvenaria, acrescido das resistências das camadas de reboco e das juntas de argamassa, de forma a obterem-se valores do coeficiente de transmissão térmica das paredes.

De forma análoga, podemos dizer que as paredes de alvenaria que apresentaram características de isolamento térmico mais favoráveis serão as de maiores resistências térmicas e menores coeficientes de transmissão térmica.

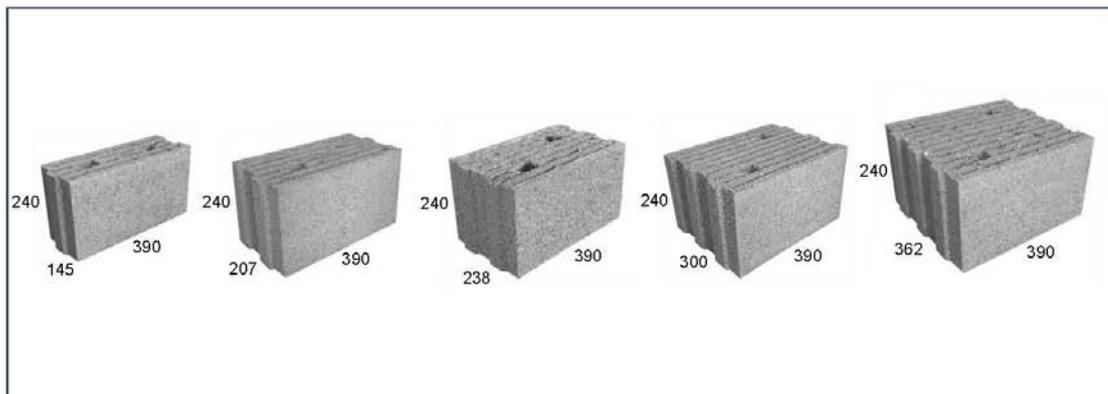
5. Bibliografia

- [1] Decreto-Lei 118/2013 de 20 de Agosto - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (RHE)
- [2] NP EN 771-3 - Especificações para unidades de alvenaria - Parte 3: Blocos de betão de agregados (agregados correntes e leves).
- [3] NP EN 1745:2004 - Alvenaria e elementos de alvenaria - Métodos de determinação de valores térmicos de cálculo.
- [4] ISO 6946:1996 - Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method.
- [5] Paredes de Edifícios, Lisboa 2000 - Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).
- [6] A. Canha da Piedade, Térmica de Edifícios, Lisboa 2000 - Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

FICHA TÉCNICA DO PRODUTO

FQ006/6

BLOCOS TÉRMICOS ZENITH



2007
EN 771-3

Blocos de Betão para Alvenaria de uso corrente, revestida, não resistente – Categoria II

CARACTERÍSTICAS

Dimensões Comp. x Alt. x Larg. (mm)	390x240x145	390x240x207	390x240x238	390x240x300	390x240x362
Categoria Dimensional	D1				
Reação ao Fogo	Classe A1				
Tensão de Rotura Bruta Média (MPa)	≥ 1.0				
Estabilidade dimensional (mm/m)	0.27	0.28	0.37	0.19	0.22
Permeabilidade ao Vapor de Água μ	5/15	5/15	5/15	5/15	5/15
Tensão de Corte (N/mm ²)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Massa Volúmica Aparente Seca Média (kg/m ³)	925	1040	1025	902	980
Massa Volúmica Real Seca Média (kg/m ³)	1200	1330	1280	1171	1220
Peso Aproximado (kg)	15.5	20.5	23.0	28.0	36.0
Unidades por palete	72	48	48	24	36

Nota: As dimensões apresentadas são as declaradas pela Presdouro, podendo estas variar dentro dos limites impostos para a Categoria Dimensional D1.

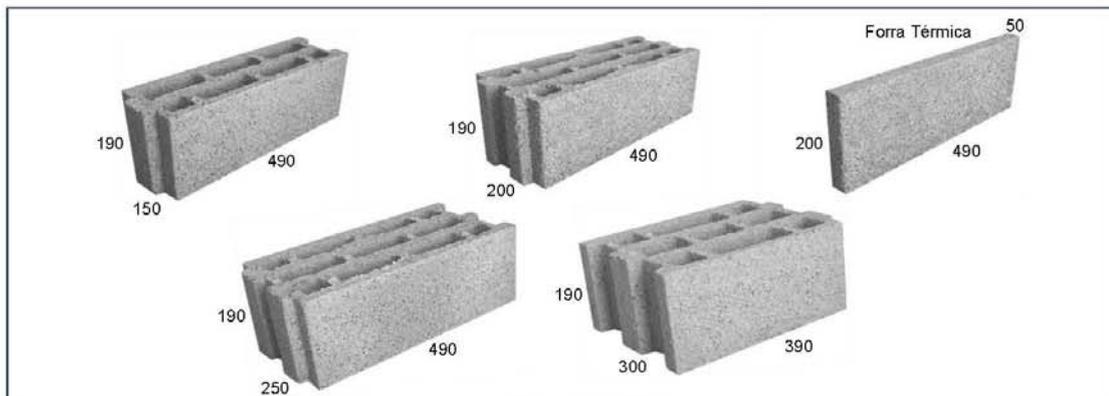
DND – Desempenho não determinado

μ - Coeficiente de Difusão do Vapor de Água

FICHA TÉCNICA DO PRODUTO

FQ005/6

TERMOBLOCOS



2006
EN 771-3

Blocos de Betão para Alvenaria de uso corrente, revestida, não resistente – Categoria II

CARACTERÍSTICAS

Dimensões Comp. x Alt. x Larg. (mm)	490x190x150	490x190x200	490x190x250	390x190x300	FT490x200x50
Categoria Dimensional	D1				
Reação ao Fogo	Classe A1				
Tensão de Rotura Bruta Média (MPa)	≥ 1.0				DND
Estabilidade dimensional (mm/m)	0.37	0.24	0.31	0.25	0.37
Permeabilidade ao Vapor de Água μ	5/15	5/15	5/15	5/15	5/15
Tensão de Corte (N/mm ²)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Massa Volúmica Aparente Seca Média (kg/m ³)	805	805	740	700	1130
Massa Volúmica Real Seca Média (kg/m ³)	1320	1240	1370	1270	1130
Peso Aproximado (kg)	11.0	14.5	17.0	16.0	6.0
Unidades por palete	84	60	48	54	160

Nota: As dimensões apresentadas são as declaradas pela Presdouro, podendo estas variar dentro dos limites impostos para a Categoria Dimensional D1.
DND – Desempenho não determinado.
μ – Coeficiente de Difusão do Vapor de Água.