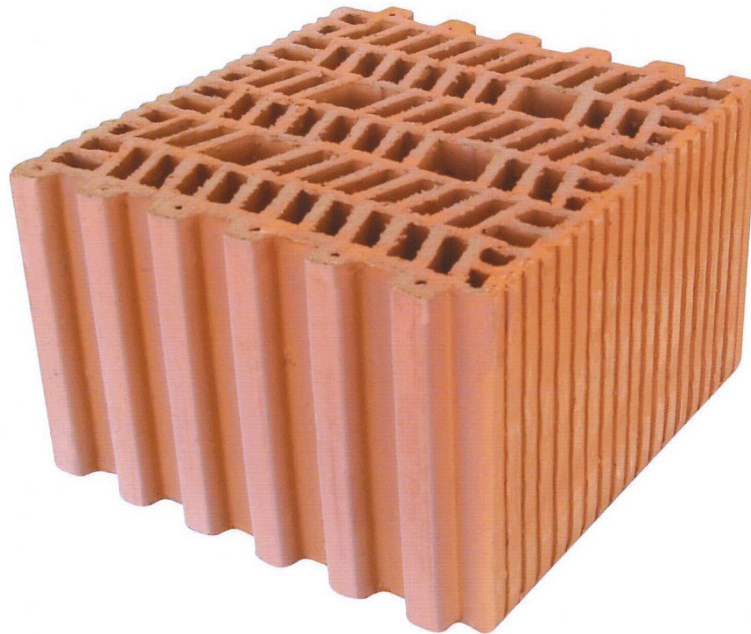


52
cm

CONSTRUÇÃO MAGAZINE


REVISTA TÉCNICO-CIENTÍFICA ENGENHARIA CIVIL
Nº 52 - NOVEMBRO/DEZEMBRO 2012 - 6.500€



DOSSIER
Resíduos e Materiais de Construção

CONVERSAS
Victor Ferreira

RUB



divulgue a sua empresa ao Mundo em Português
em www.construcaomagazine.pt
e na e-Newsletter da Construção Magazine

*41% DOS NOSSOS VISITANTES E LEITORES ESTÃO EM PAÍSES LUSÓFONOS FORA DE PORTUGAL
(BRASIL, ANGOLA E MOÇAMBIQUE SÃO OS MAIS SIGNIFICATIVOS).

ISSN 1645-1767
9 771645 176009

21_23

RESÍDUOS E MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO MELHORAMENTO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO E TÉRMICO DE TIJOLOS DE ALVENARIA CERÂMICA ADITIVADA COM RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DO ALUMÍNIO

O tijolo é um material de construção, simultaneamente milenar e moderno. O estudo das suas propriedades e características permitiu a sua evolução de forma a respeitar os requisitos funcionais das edificações e das práticas da construção. Numa era em que as preocupações associadas à eficiência energética e às alterações climáticas assumem maior relevância, importa desenvolver soluções construtivas que minimizem as perdas e ganhos de calor através da envolvente [1]. Uma seleção apropriada dos materiais de construção pode reduzir consideravelmente estas trocas de calor [2].

Neste artigo, apresenta-se um estudo realizado com o objetivo de analisar a viabilidade de incorporar resíduos da indústria transformadora de alumínio na argila, matéria-prima usada na produção de tijolos cerâmicos, com a dupla motivação de obter um produto ambientalmente sustentável e com majoração das suas propriedades térmicas, traduzida numa redução significativa da sua condutibilidade térmica. Simultaneamente, pretendia-se garantir que o novo produto não apresentasse perdas significativas da sua resistência mecânica.

Para a realização do estudo em questão, adotou-se como referência um tijolo térmico da empresa Preceram, SA. A geometria original foi mantida, tendo-se apenas alterado a matéria-prima, adicionando à argila lamas resultantes da anodização e lacagem do alumínio. Foram conduzidos diferentes ensaios de caracterização do comportamento físico e mecânico dos dois tipos de bloco, i.e. com e sem adição de lamas, assim como ensaios de caracterização do desempenho térmico de ambos, tendo-se recorrido, neste último caso, a uma modelação numérica.

1. INTRODUÇÃO

As crescentes preocupações com o comportamento térmico e desempenho energético dos edifícios conduziram à necessidade de desenvolvimento de métodos de caracterização térmica das suas envolventes e ao estudo da influência de um conjunto de fatores [1]. Hoje, exige-se dos materiais a aplicar nas paredes um comportamento adequado em termos de isolamento térmico e acústico, apresentando, simultaneamente, a possibilidade de se comportarem como elementos estruturais [3].

Desde os anos 90 que a indústria cerâmica tem vindo progressivamente a melhorar o isolamento térmico e acústico do tijolo, sobretudo através da alteração da geometria dos septos. Com os tijolos de furação vertical, elementos cerâmicos de elevado desempenho, as características térmicas, acústicas e mecânicas melhoraram significativamente, em relação aos sistemas tradicionais de tijolo cerâmico furado [4].

O principal objetivo do estudo aqui descrito consistia em incluir a indústria cerâmica no setor da construção sustentável, através da

Inês Grilo*

ICIST & DEC FCTUC, Coimbra, Portugal
inesgrilo@dec.uc.pt

Paulo Santos

ISISE & DEC FCTUC, Coimbra, Portugal
pfsantos@dec.uc.pt

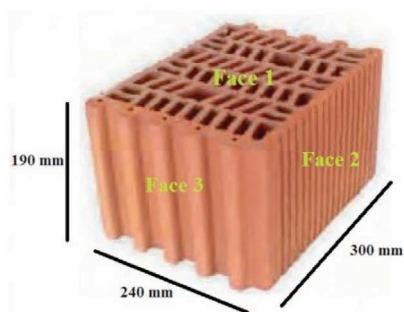
João Paulo Gouveia

ISISE & DEC ISEC, Coimbra, Portugal
jopamago@isec.com

Eduardo Júlio

ICIST & DECivil IST UTL, Lisboa, Portugal
ejulio@civil.ist.utl.pt

incorporação de resíduos de outras indústrias na produção de tijolo cerâmico. Ensaios preliminares [5] em tijolos maciços produzidos a partir de mistura manual de argilas com lamas resultantes do tratamento de superfície de alumínio, permitiram detetar uma redução significativa da condutibilidade térmica da argila, sem perdas significativas da sua resistência estrutural. Assim, considerou-se plausível desenvolver um tijolo térmico ecológico, mantendo a sua geometria aperfeiçoada e integrando lamas resultantes da indústria de anodização e lacagem do alumínio na sua matéria-prima.



> 1

Propriedades		Tijolo normal	Tijolo ecológico	
Físicas	Massa volúmica real [kg/m³]	2030	1920	
	Massa volúmica aparente [kg/m³]	890	770	
	Absorção de água [%]	9,5	12,5	
	Percentagem de vazios [%]	56	60	
Mecânicas	Resistência à compressão [MPa]	Face 1	7,3	6,3
		Face 2	2,1	1,8
		Face 2	0,3	0,3

Quadro 1 Resultados obtidos: Caracterização física e mecânica.



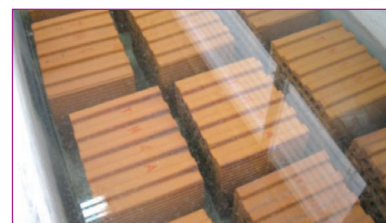
a) Balança digital



b) Forno



c) Paquímetro



d) Tanque

> 2



> 3

Para a realização deste estudo, adotou-se como referência um tijolo térmico da empresa *Preceram, S.A.*, designado por “Tijolo Térmico e Acústico 30x19x24” com dimensões nominais indicadas na Figura 1. Numa primeira fase, foi conduzido em laboratório um estudo com corpos de prova [6] e, posteriormente, foram produzidos em fábrica tijolos cerâmicos aditivados. Realizaram-se ensaios normalizados de caracterização física, mecânica e térmica dos dois tipos de bloco, i.e. com e sem adição de lamas, denominados *tijolo ecológico* e *tijolo normal*, respetivamente.

2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DOS TIJOLOS

As propriedades físicas dos tijolos foram caracterizadas através de ensaios normalizados: massa volúmica real seca e aparente seca [NP EN 772-13] [7], absorção de água [NP EN 772-7] [8] e percentagem de vazios [NP EN 772-3] [9]. Alguns dos equipamentos utilizados para a determinação dos parâmetros físicos dos blocos estão ilustrados na Figura 2. A resistência à compressão dos tijolos foi determinada de acordo com a norma NP EN

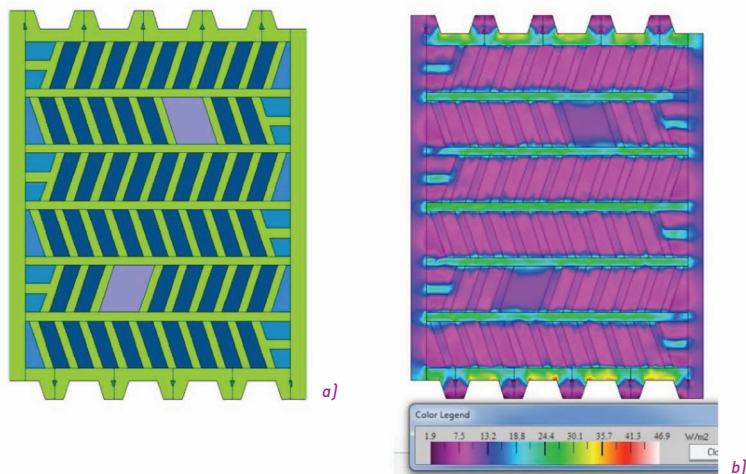
772-1 [10], segundo as três direções do espaço, Figura 3.

Os resultados obtidos nos ensaios experimentais estão apresentados no Quadro 1. Comparando as propriedades físicas e mecânicas do *tijolo normal* e do *tijolo ecológico*, verifica-se que, com a adição de lamas resultantes da indústria do alumínio: (i) a massa volúmica decresce; (ii) a absorção de água e a percentagem de vazios aumentam ligeiramente (3% e 4%, respetivamente); e (iii) a resistência à compressão diminui ligeiramente quando a carga é aplicada nas

> Figura 1: Tijolos Térmico e Acústico 30x19x24.

> Figura 2: Equipamentos utilizados para a determinação dos parâmetros físicos dos blocos.

> Figura 3: Ensaios de resistência à compressão dos tijolos, de acordo com a norma NP EN 772-1.



> 4

faces 1 e 2 (Figura 1), mantendo-se inalterada se aplicada na face 3.

3. CARACTERIZAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DOS TIJOLOS

O desempenho térmico do *tijolo normal* e do *tijolo ecológico* foi avaliado numericamente, através do *software* comercial THERM 6.3 [11]. Inicialmente, determinou-se experimentalmente a condutibilidade térmica, λ ($W/m^{\circ}C$), das respetivas matérias-primas, tendo-se registado para a argila o valor $0,53 W/m^{\circ}C$ e para a argila aditivada o valor $0,34 W/m^{\circ}C$. Posteriormente, determinou-se numericamente o coeficiente de transmissão térmica de cada bloco, U ($W/m^2^{\circ}C$), de acordo com o procedimento a seguir descrito.

As furações verticais dos blocos foram consideradas “pequenas” caixas de ar não ventiladas, tendo sido necessário quantificar a sua condutibilidade térmica equivalente, de acordo com três documentos regulamentares/normativos: RCCTE [12], NFRC 100 [13] e EN ISO 6946 [14]. Conhecidos os valores da condutibilidade térmica do material dos dois tipos de tijolos, assim como os valores da condutibilidade térmica equivalente das caixas-de-ar formadas pela furação vertical, foi possível construir um modelo numérico para simular o comportamento térmico do tijolo (Figura 4a). Para a determinação do fluxo de calor (W/m^2) através do tijolo (Figura 4b), foram impostas temperaturas de $20^{\circ}C$ e $0^{\circ}C$ nas suas faces opostas. No Quadro 2 apresentam-se os valores obtidos. Comparando o comportamento térmico dos

dois tipos de tijolo, verifica-se que a adição de lamelas resultantes da indústria do alumínio induz um incremento considerável no seu desempenho térmico, traduzido numa redução de aproximadamente 20% do coeficiente de transmissão térmica.

4. CONCLUSÕES

Da análise dos resultados obtidos, é possível concluir que o desempenho térmico dos tijolos melhorou consideravelmente com a adição de lamelas resultantes do tratamento de alumínio. As propriedades físicas dos novos tijolos (massa volúmica, absorção de água e percentagem de vazios) apresentam valores adequados para as suas exigências normativas. Simultaneamente, verifica-se que o seu comportamento mecânico regista perdas pouco significativas; diminuição de 7,3 para 6,3 MPa para a situação mais desfavorável, correspondente à aplicação de uma carga vertical na face 1 (Figura 1).

Em síntese, pode-se afirmar que é viável a reciclagem de resíduos da indústria transformadora do alumínio através da sua incorporação na argila, matéria-prima utilizada na produção de tijolos, conduzindo adicionalmente a uma maior utilização das propriedades térmicas deste produto.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado pelo Projeto QREN 13312 SeTiverNano intitulado “Produção de tijolos térmica e estruturalmente mais resistentes por introdução de nanomateriais”.

Modelação das caixas-de-ar	Coeficiente de transmissão térmica U [$W/m^2^{\circ}C$]	
	Tijolo normal	Tijolo ecológico
RCCTE	0,82	0,65
NFRC 100	0,82	0,65
EN ISO 6946	0,78	0,61

Quadro 2 Resultados obtidos: Caracterização térmica.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Simões, N, Coelho, D., Martins, S., Tadeu, A., *Influência das juntas de argamassa no desempenho térmico de paredes de alvenaria*, 3º Congresso Português de Argamassas de Construção, Lisboa, (2010).
- [2] Al-Hadrami, L. M., Ahmad, A., *Assessment of thermal performance of different types of masonry bricks used in Saudi Arabia*, Applied Thermal Engineering 29, pp. 1123-1130 (2009).
- [3] *Manual de Alvenaria de Tijolo*. APICER – Associação Portuguesa da Indústria de Cerâmica, Coimbra (2000).
- [4] *Desenvolvimento de elementos de alvenaria cerâmica de elevado desempenho*, Apresentações cBloco – www.cbloco.com.pt, Coimbra (2008).
- [5] Neto, V., *Efeito do óxido de alumínio no barro vermelho*, Tese de Mestrado Integrado, Universidade de Coimbra, Coimbra (2010).
- [6] Marques, I., Neto, V., Grilo, I., Vieira, M.T., Júlio, E., *Recycling of residual sludge from aluminium anodizing and lacquering in clay bricks – Case study of Portuguese industries*, 4th International Conference on Engineering from Waste and Biomass Valorization, Porto (2012).
- [7] Norma Portuguesa (NP EN 772-13), *Métodos de ensaio de blocos para alvenaria: Determinação da massa volúmica real seca e da massa volúmica aparente seca de blocos para alvenaria* (1998).
- [8] Norma Portuguesa (NP EN 772-7), *Métodos de ensaio para elementos de alvenaria: Determinação da absorção de água em água fervente de elementos cerâmicos para alvenaria* (1998).
- [9] Norma Portuguesa (NP EN 772-3), *Métodos de ensaio para elementos de alvenaria: Determinação do volume líquido e da percentagem de furação em elementos cerâmicos para alvenaria por pesagem hidrostática* (2000).
- [10] Norma Portuguesa (NP EN 772-1), *Métodos de ensaio de blocos para alvenaria: Determinação da resistência à compressão* (2002).
- [11] THERM Simulador de Elementos Finitos (Versão Freeware), Versão 6.3.14, Universidade da Califórnia (2010).
- [12] Decreto-Lei n.º 80/2006 (4 de Abril), *Regulamento das Características do Comportamento Térmico de Edifícios – RCCTE* (2006).
- [13] National Fenestration Rating Council Incorporated (NFRC 100-2004), *Procedure for Determining Fenestration Product U-Factors* (2004).
- [14] Norma Europeia (EN ISO 6946), *Building components and building elements – Thermal resistance and Thermal transmittance – Calculation Method* (2007).

> Figura 4: Modelo numérico de simulação de comportamento térmico do tijolo e fluxo de calor.