

# Introdução da radiação solar no ensaio de resistência aos ciclos higrotérmicos de ETICS

**Nuno Simões** Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade (Itecons), ADAI/Departamento de Engenharia Civil (ADAI/DEC), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, [nasimoes@dec.uc.pt](mailto:nasimoes@dec.uc.pt)

**Márcio Gonçalves** Itecons, ADAI/DEC, Universidade de Coimbra

**Catarina Serra** Itecons, ADAI/DEC, Universidade de Coimbra

*Esta investigação propõe um novo método, que consiste na introdução da radiação solar através do uso de lâmpadas que simulam a radiação visível e infravermelha, diferenciando-se dos métodos padronizados no EAD para ETICS. O método tem como principal objetivo promover o envelhecimento acelerado do proвете a fim de avaliar potenciais anomalias no sistema.*

**O**s sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior (ETICS) constituem uma das soluções construtivas mais utilizadas para melhorar o desempenho energético dos edifícios. Esta solução consiste na aplicação de um isolamento térmico por colagem e/ou fixação mecânica, que é posteriormente acabado por um revestimento delgado (4 a 5 mm) armado com rede de fibra de vidro e um produto de acabamento. Esta solução destaca-se positivamente por eliminar as pontes térmicas, potenciar a inércia térmica do edifício, proteger as alvenarias e os elementos estruturais, possibilitar a renovação estética das fachadas exteriores e ter custo relativamente reduzido [1].

No entanto, verifica-se frequentemente a ocorrência de anomalias durante os primeiros anos em serviço. São exemplo disso o destacamento, empolamento, fissuração, perda de estanquidade, entre outros [2, 3]. Estes tipos de anomalias podem estar relacionados com a incompatibilidade de materiais e/ou inadequada aplicação, sendo potenciadas pelos agentes atmosféricos, tais como amplitudes térmicas, vento, chuva e radiação solar [4, 5]. É crucial haver ensaios laboratoriais que promovam o envelhecimento acelerado de

ETICS sob condições controladas. Neste âmbito, existem documentos normalizados que estabelecem um conjunto de procedimentos de ensaio e requisitos a cumprir para as soluções construtivas, onde se salienta o Documento de Avaliação Europeu para ETICS – EAD 040083-00-0404 [6].

O ensaio de envelhecimento acelerado proposto no EAD [6] – resistência aos ciclos higrotérmicos – não inclui o efeito da radiação solar, pelo que as propriedades óticas (absorção solar e emissividade, etc.) do sistema de revestimento acabam por ser negligenciadas. Sabe-se que o efeito da radiação solar nas temperaturas superficiais das fachadas é relevante. Em climas temperados, facilmente se verificam amplitudes térmicas diárias superiores a 50 °C [7, 8], contribuindo para a degradação do sistema de revestimento delgado. Para mitigar o risco de fissuração, os fabricantes não recomendam a utilização de cores de acabamento com coeficientes de absorção solar superiores a 0,7 [9].

Posto isto, entende-se que existe a necessidade de implementar procedimentos experimentais que analisem o efeito da radiação solar em soluções ETICS. Para o efeito,

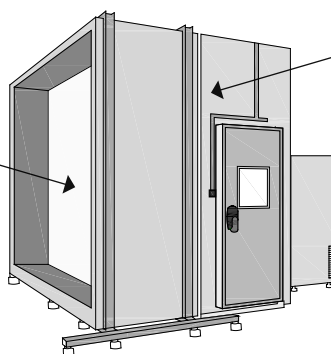
a utilização de lâmpadas de halogenetos metálicos é considerada uma opção para simular a radiação total em provetes de larga escala [10]. O objetivo deste artigo é apresentar um novo procedimento experimental na avaliação da resistência a ciclos higrotérmicos de ETICS. Como exemplo de aplicação, este trabalho apresenta alguns resultados obtidos para um sistema ETICS, com particular ênfase no efeito da cor do produto de acabamento nas temperaturas superficiais obtidas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Equipamentos e proвете de ensaio

O método proposto é realizado numa câmara climática, com cerca de 15 m<sup>3</sup> de volume condicionado, capaz de controlar a temperatura entre -20 °C a 150 °C ( $\pm 5$  °C) e humidade relativa entre 10 % e 98 % ( $\pm 10$  %). Inclui ainda um sistema de aspersão de água com caudal de  $1 \pm 0.1$  l/(min.m<sup>2</sup>). Este aparato de ensaio, ilustrado na figura 1, permite a realização do ensaio de resistência a ciclos higrotérmicos de provetes à escala real (2,8 m x 2,8 m), de acordo com o procedimento de ensaio previsto no EAD 040083-00-0404 [6].

**Face interna do provete**  
(exterior da câmara climática  
– sem condições controladas)



**Face externa do provete**  
(interior da câmara climática  
– com condições controladas)

1

A introdução da radiação no ensaio foi efetuada através da colocação de um sistema de simulação de radiação solar no interior da câmara climática, conforme apresentado na figura 2. Este sistema de radiação global artificial permite simular radiação no comprimento de onda entre 230-3000 nm, incluindo a radiação UV-C, UV-B, UV-A, visível e infravermelha.



2

Na figura 3 ilustra-se o provete de ensaio, onde são identificadas as áreas de medição. Nestas áreas foram colocados termopares para monitorização das temperaturas em várias camadas do ETICS. Utilizou-se um albedómetro para medir a radiação solar global junto à superfície do provete.

### Procedimento de ensaio

O procedimento de ensaio proposto consiste em cinco ciclos com a duração de 24 horas cada e consiste em:

- aquecimento durante uma hora até aos  $(35 \pm 5)^\circ\text{C}$  e manutenção da temperatura  $(35 \pm 5)^\circ\text{C}$  e humidade relativa a 20 % - 30 % durante uma hora (total de duas horas);
- manutenção de temperatura ambiente da câmara a  $(35 \pm 5)^\circ\text{C}$  e ativar as lâmpadas de radiação solar para a intensidade de  $(1100 \pm 100) \text{ W/m}^2$  durante cinco horas;
- após desligar o sistema de radiação, arrefecimento da temperatura da câmara, durante duas horas, para  $(-20 \pm 5)^\circ\text{C}$  e manutenção da mesma durante 15 horas (total 17 horas).



3a



3b

se o sistema cumpre com os requisitos normativos. Depois, procedeu-se à realização do novo método de ensaio que inclui a radiação solar. Com o objetivo de se avaliar a influência da cor do acabamento do sistema ETICS, a campanha foi realizada para um acabamento de cor branca e, posteriormente, repetida para a cor preta (figura 3b).

1 | Câmara climática para realização do ensaio de ciclos higrotérmicos.

2 | Sistema de simulação da radiação solar.

3 | Provete ETICS sujeito a ensaio: a) acabamento de cor branca; b) zonas de ensaio com acabamento de cor preta.

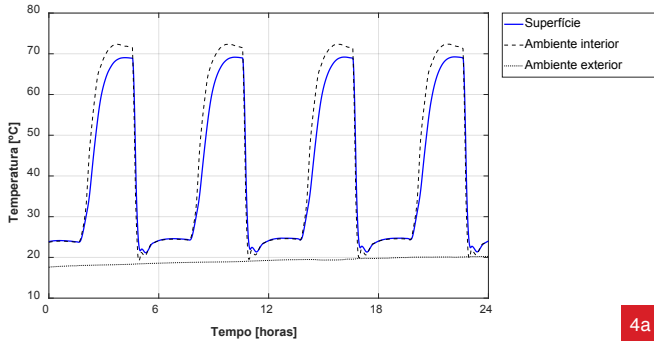
## RESULTADOS

### Ciclos higrotérmicos

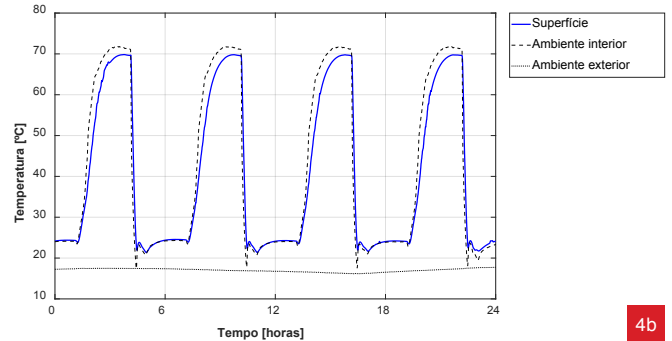
Neste trabalho, para efeitos de comparação de resultados com os ensaios convencionais, submeteu-se um sistema de ETICS ao ensaio de resistência aos ciclos higrotérmicos (contempla ciclos de calor-chuva e gelo-degelo) preconizado na secção 2.2.6 da EAD para ETICS [6], a fim de se verificar

Conforme mencionado, numa primeira fase efetuaram-se os ciclos higrotérmicos convencionais. Na figura 4 apresentam-se as

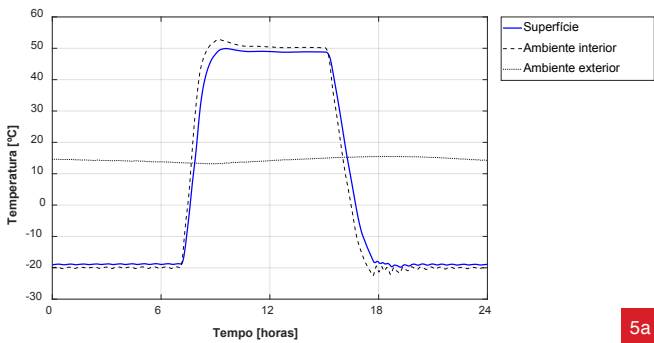
temperaturas registadas sobre o isolamento térmico, durante alguns ciclos calor-chuva, para as cores branco e preto (figura 4). Como expectável, as temperaturas superficiais do provete são similares em ambas as cores, uma vez que o controlo da temperatura à



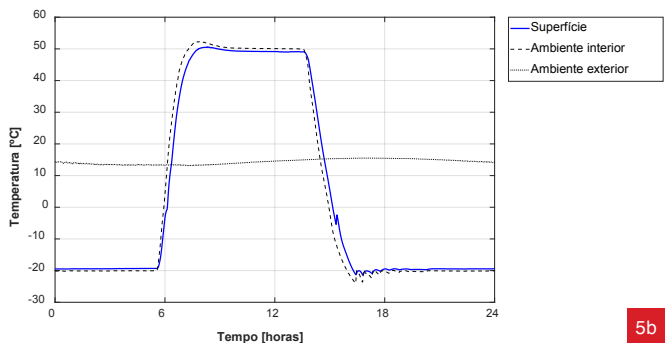
4a



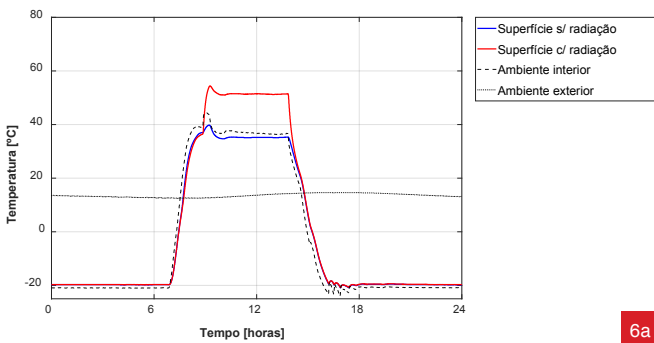
4b



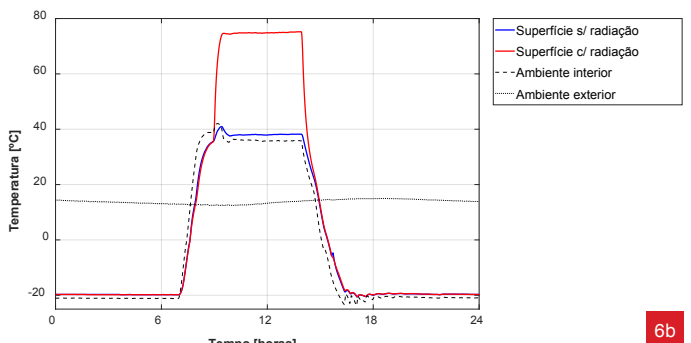
5a



5b



6a



6b

superfície do provete é realizado pela câmara climática, indicando que a cor do acabamento não tem qualquer relevância para o ensaio preconizado no EAD.

Na figura 5 apresentam-se as temperaturas medidas durante um ciclo de gelo-degelo, durante o ensaio com cor branca (figura 5a) e com cor preta (figura 5b). Tal como verificado anteriormente, as temperaturas verificadas são similares em ambas as cores.

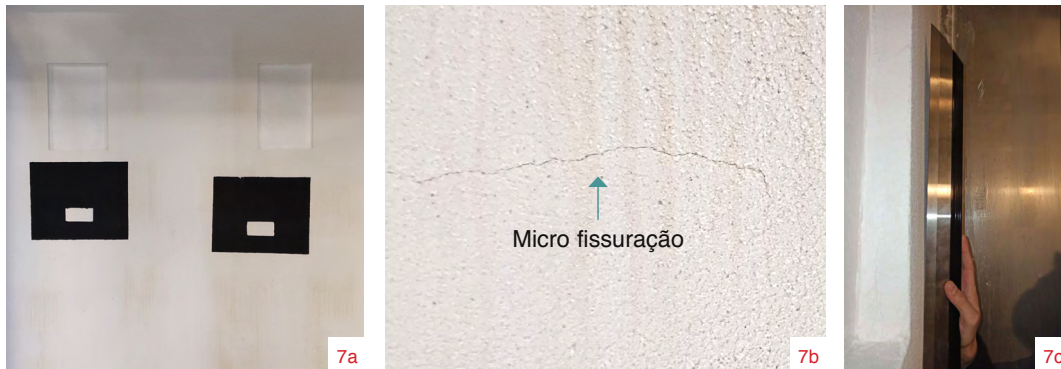
Após a execução dos ciclos higrotérmicos (80 ciclos de calor-chuva e cinco ciclos gelo-

-degelo), efetuaram-se inspeções visuais ao provete para identificar possíveis anomalias. Nenhuma das seguintes anomalias foram detetadas: empoamentos, fissuração associadas às juntas entre painéis, destacamento do sistema de revestimento ou fissuração que permita a entrada de água até ao isolamento (fissuras com largura superiores a 0,2 mm). Assim, de acordo com o EAD para ETICS, o sistema é considerado apto face à resistência aos ciclos higrotérmicos. Note-se que os ensaios realizados com o acabamento de cor preta também não revelaram anomalias no provete.

4 | Temperaturas registadas durante ciclos de calor-chuva: a) acabamento de cor branca; b) acabamento de cor preta.

5 | Temperaturas registadas durante ciclos de gelo-degelo: a) acabamento de cor branca; b) acabamento de cor preta.

6 | Temperaturas registadas durante ciclos de radiação solar: a) acabamento de cor branca; b) acabamento de cor preta.



7 | Estado final do provete: a) vista geral; b) microfissuração do revestimento; c) perda de planeza.

### Ciclos de radiação solar

Na figura 6 apresentam-se as temperaturas registadas sobre o isolamento térmico, durante a realização de um ciclo de radiação solar, de acordo com o método proposto no presente trabalho, para a cor branca (figura 6a) e cor preta (figura 6b). Nesta figura é possível observar as temperaturas registadas na área de referência, bem como as temperaturas na zona de incidência da radiação solar.

Durante os ciclos de radiação solar realizados no acabamento de cor branca, verificaram-se diferenças de cerca de 16 °C entre as áreas com e sem radiação solar, demonstrando o impacto da radiação solar nas temperaturas superficiais de ETICS. Este impacto é ainda maior quando se utiliza a cor escura (figura 6b), revelando uma diferença de 40 °C entre as áreas com e sem radiação solar.

As temperaturas registadas durante a implementação do novo método de ensaio são próximas daquelas que têm vindo a ser verificadas durante a monitorização de soluções ETICS em serviço [7]. Por este motivo, confirma-se que o método de ensaio proposto consegue simular, em ambiente controlado, as condições reais de exposição.

Após a realização dos ciclos de radiação solar verificou-se a ocorrência de anomalias, nomeadamente a existência de microfissuração do acabamento (fissuras com largura entre 0,04 a 0,08 mm e comprimento entre 160 a 800 mm) e a perda de planeza. Estas anomalias apenas foram verificadas na zona sujeita à radiação solar. A área de referência não evidenciou qualquer tipo de anomalia. Na figura 7 apresentam-se fotografias que ilustram o estado final do provete após a realização da campanha de ciclos de envelhecimento.

### CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo propor e implementar um procedimento de ensaio para avaliar o desempenho higrotérmico de soluções ETICS. Para o efeito, procurou-se simular em ambiente laboratorial aquilo que são as condições reais de exposição em serviço, nomeadamente ciclos de temperatura, humidade, chuva e radiação solar. Numa primeira fase, o provete foi sujeito ao ensaio de resistência aos ciclos higrotérmicos proposto no EAD para ETICS. Posteriormente, implementou-se um método experimental que simula o efeito da radiação solar na superfície do provete. Contrariamente aos métodos de ensaio convencionais, o método proposto permite a avaliação da influência da cor do produto de acabamento no desempenho do ETICS, possibilitando a deteção de potenciais anomalias no provete de ensaio. As principais conclusões deste trabalho revelam que a simulação da radiação solar é relevante para a avaliação de desempenho de ETICS, e que pode ser utilizada para complementar os ensaios padronizados existentes ■

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas e ETICS – APFAC (2018). *Manual ETICS*, p. 1-48.
- [2] Barreira, E. (2010). Biological defacement of façades covered with external thermal insulation systems due to hygrothermal behaviour (in portuguese), PhD thesis. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.
- [3] Amaro, B. *et al* (2013). Inspection and diagnosis system of ETICS on walls. *Construction and Building Materials*, 47, p. 1257-1267.
- [4] Amaro, B. *et al* (2014). Statistical survey of the pathology, diagnosis and rehabilitation of ETICS in walls. *Journal of Civil Engineering and Management*, 20, p. 511-526.
- [5] Stazi, F., Perna, C., Munafò, P. (2009). Durability of 20-year-old external insulation and assessment of various types of retrofitting to meet new energy regulations. *Energy Build*, 41, p. 721-731.
- [6] European Organisation for Technical Assessment, 2019. EAD 040083-00-0404 – External Thermal Insulation Composite Systems with rendering.
- [7] Gonçalves M. *et al* (2021). Onsite monitoring of ETICS comparing different exposure conditions and insulation materials. *Journal of Civil Engineering and Management*, 42, p. 103067.
- [8] Marino, B. M., Muñoz, N., Thomas, L. P. (2018). Calculation of the external surface temperature of a multi-layer wall considering solar radiation effects. *Energy Build*, 174, p. 452-463.
- [9] European Association for ETICS – EAE (2011). European Guideline for the application of ETICS.
- [10] Deutsches Institut für Normung E.V. – DIN (1992). DIN 75220 – Ageing of automotive components in solar simulation units.