

# Resistência ao choque de fachadas com ETICS: a influência do isolante

SOFIA MALANHO<sup>1</sup>  
ROSÁRIO VEIGA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LNEC | Lisboa | Portugal  
Autor correspondente: smalanho@lnecc.pt

## Palavras-chave

Impacto, Fissuração, Sistemas, Isolantes sustentáveis

## Resumo

As fachadas danificadas por impacto de objetos (resultantes tanto do uso normal, como de atos de vandalismo) têm surgido com muita frequência em edifícios com ETICS (Sistemas de Isolamento Térmico pelo Exterior). Estes sistemas são considerados como um kit, constituídos por uma camada de isolamento térmico, envolvida por uma camada de base armada, revestida por um acabamento. A deterioração e a fissuração dos revestimentos por pintura destes sistemas podem permitir a entrada de água até ao isolante térmico, podendo inviabilizar a sua durabilidade e o seu desempenho térmico. A avaliação do comportamento ao choque destes kits é determinada com base no European Assessment Document EAD 040083-00-0404, através da realização de ensaios de impacto com esferas de 3 J e 10 J em sistemas (aplicados em paredes de 6 m<sup>2</sup>) previamente envelhecidos artificialmente. Como o EAD avalia apenas os sistemas como um kit, surgiu a necessidade de perceber que características do isolante térmico possam influenciar a resistência ao impacto; da combinação de resultados surgiu o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação para avaliar o desempenho ao impacto destes sistemas, com o objetivo de utilizar sistemas com materiais mais sustentáveis com uma durabilidade semelhante aos correntemente utilizados no mercado (sistemas com isolante Poliestireno expandido moldado - EPS). Este estudo envolveu uma campanha experimental em 6 sistemas com variação do tipo de isolante (EPS, Lã mineral – MW e Aglomerado de cortiça expandida - ICB). Os resultados mostraram que os isolantes mais sustentáveis com ICB e MW apresentaram um desempenho ao choque e à perfuração comparáveis, ou, em alguns casos, até superiores, a sistemas semelhantes (com a mesma camada de base e rede) com o isolante poliestireno expandido (EPS). Concluiu-se também que os sistemas com isolantes mais sustentáveis podem ser aplicados em zonas com igual exposição a choques em relação aos sistemas com EPS, ou, em alguns casos, até superior, desde que todos os componentes tenham as características apropriadas. Com efeito, características mecânicas mais baixas dos isolantes poderão reduzir a sua resistência aos choques e à perfuração.

## 1| ENQUADRAMENTO

Os danos provocados pelo impacto de objetos, resultantes tanto do uso normal, como de atos de vandalismo, ou mesmo devido a condições ambientais (queda de granizo) [1] [2] são um dos maiores problemas ocorridos em zonas com maior exposição de fachadas revestidas com Revestimentos de Isolamento Térmico pelo Exterior do tipo ETICS (Figs. 1 e 2). Estes sistemas são utilizados, quer em construção nova, quer na reabilitação térmica de edifícios, para melhoria do conforto térmico e redução de perdas de energia [3]. Os ETICS são sistemas constituídos por vários componentes - uma camada de isolamento térmico, envolvida por uma camada de base armada com rede de fibra de vidro e revestida por um acabamento; estes constituintes, de características e funções diferentes, têm que ser compatíveis entre si.

As ações de impacto podem provocar deterioração e fissuração das últimas camadas dos sistemas, facilitando a entrada de água até ao isolante térmico, o que pode reduzir o seu desempenho térmico e a sua durabilidade [4].

Os ETICS com camada de isolante térmico de poliestireno expandido moldado (EPS), camadas de base de argamassas de cimento e resina sintética e acabamentos por pintura ou de revestimentos plásticos espessos são os mais usualmente utilizados em Portugal. No entanto, as empresas detentoras destes sistemas têm vindo a selecionar isolantes que envolvam um menor consumo de energia e de recursos não-renováveis na sua produção, como é o caso do aglomerado de cortiça expandida (ICB)[4] e da lã mineral (MW) [5]. Estes dois isolantes térmicos, para além do contributo para o conforto térmico e para a redução do consumo de energia, podem contribuir para uma melhoria do comportamento acústico a sons aéreos, com índices de redução sonora de 51 dB e 50 dB para paredes com ETICS respetivamente com MW e com ICB versus 44 dB para paredes simples ou com ETICS com EPS [5]. As placas de MW ainda têm a vantagem de ter uma classe de reação ao fogo mais favorável [6]. No entanto, os sistemas com qualquer dos isolantes referidos, revestidos pela camada de base armada e com um acabamento com um teor de matéria orgânica inferior a 5 % podem conseguir uma classe reação ao fogo B [7]. Presentemente, existe menor experiência e conhecimento sobre o desempenho ao longo da vida útil em ETICS com isolantes ICB e MW [8], o que constitui, ainda, um obstáculo à sua utilização.

No presente estudo analisa-se a influência do isolante térmico no comportamento dos sistemas ETICS às ações de impacto, permitindo comparar o desempenho de sistemas com a mesma camada de base armada aplicada sobre isolantes menos correntes (ICB – aglomerado de cortiça expandida e MW – lã mineral) e sobre um isolante correntemente utilizado (EPS – poliestireno expandido).

## 2| METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

Foi efetuada uma campanha experimental sobre 6 sistemas compostos por vários tipos de isolante térmico (EPS, MW e ICB), sob a forma de placas, coladas diretamente ao suporte (murete de 2 m x 3 m de alvenaria de tijolo furado) através de uma argamassa de colagem; em cada sistema foi aplicada uma camada de base de argamassa de cimento e resina, com uma armadura de rede de fibra de vidro incorporada. Cada sistema foi analisado com dois tipos de isolante: S1, S2 e S3 – com EPS e MW e S3 a S6 – com EPS e ICB.

Foram recolhidas as características das respetivas fichas técnicas e os respetivos valores são apresentados na Tabela 1. Os sistemas foram submetidos a um envelhecimento artificial através de um conjunto de ciclos calor-chuva e calor-frio, de acordo com o EAD aplicável [7]. Após o ensaio higrotérmico, foram efetuados os ensaios de resistência ao impacto, que envolveram ensaio de choque de 3 J (Fig. 3) e de 10 J [7] e ensaio de perfuração Perfotest [9]. Para melhorar a comparabilidade, os sistemas foram testados sem acabamento.

Tabela 1. Características dos isolantes (EPS, MW e ICB) incorporados em cada sistema (S1 a S6)

Características dos isolantes	S1		S2		S3		S4		S5		S6	
	EPS	MW	EPS	MW	EPS	MW	EPS	ICB	EPS	ICB	EPS	ICB
Massa volúmica (kg/m <sup>3</sup> )	19	100	21	70	20	70-120	21	100	20	100	21	114
Condutibilidade térmica (W/m.K)	0,036		0,036	0,037	0,039	0,035	0,036	0,040	0,039	0,040	0,036	0,040
Resistência à tração (kPa)	264	≥ 10	242	≥ 10	209	7,5	242	≥ 50	209	≥ 50	242	≥ 50
Resistência à compressão (kPa)	100	30	110	≥ 40	100	15	≥ 100	≥ 100	≥ 100	≥ 100	≥ 100	≥ 90
Tensão de corte (kPa)	-	-	-	-	-	-	130	68	120	68	130	97
Módulo de elasticidade (kPa)	-	-	-	-	-	-	2300	1100	2500	1100	2300	1500

Para a realização dos ensaios de choque foi utilizado um aparelho “Martinet Baronie” constituído por um braço (colocado na horizontal), com um corpo duro na extremidade, deixado cair em pêndulo (90 °) até à superfície do ETICS. O ensaio de choque com energia de 3 J é realizado com uma esfera com massa de 0,5 kg enquanto no caso do ensaio de 10 J a esfera usada tem uma massa de 1 kg. Os choques com as esferas metálicas provocam uma deformação, ou moossa, geralmente circular; esta moossa é quantificada através da medição do seu diâmetro e poderá ser, ou não, acompanhada de fissuração (F). Quando a moossa atinge o isolante é designada por penetração (P) (Fig. 5a). De acordo com o EAD 040083-00-0404 [7], os sistemas ETICS podem ser classificados em três categorias (I, II e III).

Os sistemas com a melhor classificação - categoria I, podem ser aplicados em zonas facilmente acessíveis ao público (ao nível do solo e expostas a choques fortes, mas não sujeitas a uso anormalmente severo); enquanto os sistemas da categoria II podem ser aplicados em fachadas expostas a choques mas nos quais a altura do sistema limita a gravidade do impacto, ou em níveis inferiores mas em edifícios com acesso reservado; por último, os sistemas com a classificação menos favorável (categoria III) pode ser aplicado em zonas não suscetíveis de serem danificadas por choques normais causados por pessoas ou objetos lançados [7].

A avaliação da resistência ao impacto foi complementada com um ensaio de perfuração, designado por *Perfotest*, com um aparelho com punções de diferentes diâmetros (Figs 4 e 5.b), desde 4 mm a 20 mm. A penetração do punção ocorre quando a perfuração atinge o isolante. Apesar deste ensaio não ser exigido atualmente no EAD 040083-00-0404 [7], foi considerado importante incluí-lo neste estudo para melhor caracterizar a resposta a solicitações de impacto [2]

### 3 | RESULTADOS E ANÁLISE

Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados os resultados da campanha experimental sobre os sistemas, que se ilustram na Fig. 5.

Tabela 2. Resistência ao choque (após 3 J, 10 J) e à perfuração de sistemas com a mesma camada de base e diferentes isolantes (EPS vs MW)

Desempenho ao impacto - Ensaio sobre os sistemas			S1		S2		S3	
			EPS	MW	EPS	MW	EPS	MW
Ensaio de choque	Ø mocha (mm)	3 J	32	22	31	29	33	16
		10 J	57	58	58	59	58	53
	Observações das anomalias após impacto (NF, F, P)*	3 J	F	NF	F	P	F	NF
		10 J	p	P	F	P	F	F
Ensaio de perfuração	Ø punção perfurado (mm)	20	12	20	--	20	6	
Categorias dos sistemas - condicionam a aplicação dos sistemas em determinadas zonas de exposição da fachada			III	III	III	NC	III	II

Legenda: Categorias - I, II, III - resultantes da combinação de anomalias após choques de 3 J e 10 J): I – não fissurado (NF) após choque de 3 J e 10 J; II - não fissurado (NF) após 3 J e pode fissurar (NF ou F) após 10 J; III – pode fissurar (F) após 3 J e não tem exigência para o dano provocado após 10 J. NC – Os resultados não permitiram integrar o sistema em nenhuma das categorias; -- – Não resiste à penetração de nenhum punção.

Comparando sistemas com a mesma camada de base armada e diferentes isolantes, verifica-se que, no caso dos sistemas S1 e S3, as variantes com MW têm um comportamento ao impacto melhor do que as variantes com EPS. No caso do S3 a categoria ao impacto é mais favorável (III e II para a variante com EPS e com MW, respetivamente). Os diâmetros de mocha no choque de 3 J são inferiores para as variantes com MW nesses dois sistemas e, no caso do choque após 10 J, obtiveram-se mossas com diâmetro semelhante. Finalmente, verifica-se que, nos sistemas S1 e S3, os sistemas com MW resistem à perfuração com um punção de menor diâmetro, mostrando portanto um melhor desempenho à perfuração.

Por outro lado, no caso do sistema S2, o comportamento ao choque é melhor para a variante com EPS, que apresenta uma categoria superior (categoria III em comparação com a categoria “sem classificação”). Também o comportamento à perfuração é, no caso do sistema S2, pior para a variante com MW, que não resiste a nenhum dos punções ensaiados, enquanto a variante com EPS resiste ao punção de 20 mm.

Esta diferença de tendência entre, por um lado, o conjunto de sistemas S1 e S3 e, por outro, o sistema S2, pode estar relacionado com o facto de o MW do sistema S2 ter uma massa volúmica inferior ao MW dos sistemas S1 e S3. No entanto, verifica-se que esta diferença de massa volúmica não influencia a condutibilidade térmica, que se mantém idêntica entre os vários isolantes MW usados.

Tabela 3. Resistência ao choque (após 3 J, 10 J) e à perfuração de sistemas com a mesma camada de base e diferentes isolantes (EPS vs ICB)

Desempenho ao impacto - Ensaio sobre os sistema			S4		S5		S6	
			EPS	ICB	EPS	ICB	EPS	ICB
Ensaio de choque	Ø moosa (mm)	3 J	19	19	15	15	19	17
		10 J	29	31	49	33	44	34
	Observações das anomalias após impacto (NF, F, P)*	3 J	NF	NF	NF	NF	NF	NF
		10 J	NF	NF	NF	F	P	F
Ensaio de perfuração	Ø punção perfurado (mm)	6	6	6	12	12	12	
Categorias dos sistemas* - condicionam a aplicação dos sistema em determinadas zonas de exposição da fachada			I	I	I	II	III	II

Legenda: Categorias - I, II, III - resultantes da combinação de anomalias após 3 J e 10 J): I – não fissurado (NF) após choque de 3 J e 10 J; II - não fissurado (NF) após 3 J e pode fissurar (NF ou F) após 10 J; III – pode fissurar (F) após 3 J e não tem exigência para o dano provocado após 10 J.

No caso dos sistemas com EPS vs ICB, o sistema S4 apresenta desempenhos semelhantes ao impacto, obtendo a mesma classificação – categoria I – e também comportamentos semelhantes à perfuração, resistindo à perfuração com o punção de 6 mm. O Sistema S6 obteve um melhor desempenho ao choque com o isolante ICB, com categoria II, em relação à variante com EPS com categoria III, ou seja, a camada de base do sistema apenas fissurou na variante com ICB, enquanto que na variante com EPS para além de fissuração também foi detetada penetração até ao isolante. Adicionalmente, os diâmetro de moosa também foram menores na variante com ICB. Pelo contrário, no caso do sistema S5, o comportamento ao impacto foi mais desfavorável para a variante com ICB, dado que fissurou após o choque de 10 J, pelo que a categoria baixou de I para II em relação à variante com EPS do mesmo sistema. No mesmo sentido, a perfuração da variante ICB deu-se com um diâmetro de punção superior, sendo portanto menos favorável que no caso da variante com EPS. Este comportamento ao impacto e à penetração pode estar relacionada com os valores inferiores de tensão de corte e módulo de elasticidade de corte do isolante ICB do S5 comparativamente com os do sistema S6. No entanto, também no caso do ICB, as diferenças de características mecânicas não revelam influência na condutibilidade térmica, que se mantém idêntica para os vários tipos de ICB usados.

## 4| CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluiu-se que os sistemas com lã mineral (MW) e com aglomerado de cortiça (ICB) podem apresentar desempenho ao choque e à perfuração comparáveis, ou, em alguns casos, até superiores, aos sistemas com o isolante poliestireno expandido (EPS), mais correntemente utilizado. Assim, a utilização dos isolantes MW ou ICB não condiciona as zonas de aplicação do sistema, sendo aceitável o seu uso em zonas com igual exposição a choques em relação aos sistemas com EPS, ou, em alguns casos, até superior, desde que todos os componentes tenham as características apropriadas. Com efeito, características mecânicas mais baixas dos isolantes poderão reduzir a sua resistência aos choques e à perfuração.

Por outro lado, embora essa análise não tenha sido incluída no presente artigo, faz-se notar que, em todos os sistemas, a utilização adicional de uma rede de fibra de vidro reforçada nas zonas mais expostas das fachadas melhora o desempenho aos choques e à perfuração, aumentando a categoria de resistência ao impacto. Nos sistemas com Homologação ou com Aprovação Técnica Europeia, as categorias de resistência ao impacto e as zonas onde os sistemas podem ser aplicados são referidas nos respetivos documentos para as várias variantes consideradas.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Projeto *WGB\_Shield - Shielding building' facades on cities revitalization. Triple-resistance for water, graffiti and biocolonization of external thermal insulation systems*, ref. PTDC/ECI-EGC/30681/2017, ref. PTDC / ECI-EGC / 30681/2017, financiado pela FCT - Fundação para a Ciência e Tecnologia e aos Técnicos do LNEC Acácio Monteiro, Bento Sabala e Ana Maria Duarte pela colaboração na realização da campanha experimental.

## Referências

- [1] V. Steinbauer, J. Kaufmann, R. Zurbriggen, T. Bühler, and M. Herwegh, 2017. "Tracing hail stone impact on external thermal insulation composite systems (ETICS) – An evaluation of standard admission impact tests by means of high-speed-camera recordings," *Int. J. Impact Eng.*, vol. 109, pp. 354–365, doi: 10.1016/j.ijimpeng.2017.07.016.
- [2] B. Francke and R. Zamorowska, 2020. "Resistance of external thermal insulation composite systems with rendering (ETICS) to hail," *Materials (Basel)*, vol. 13, no. 11, pp. 1–12, doi: 10.3390/MA13112452.
- [3] S. Varela Luján, C. Viñas Arrebola, A. Rodríguez Sánchez, P. Aguilera Benito, and M. González Cortina, 2019. "Experimental comparative study of the thermal performance of the façade of a building refurbished using ETICS, and quantification of improvements," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 51, p. 101713, Nov., doi: 10.1016/J.SCS.2019.101713.
- [4] J. L. Parracha et al., 2021 "Effects of hygrothermal, UV and SO2 accelerated ageing on the durability of ETICS in urban environments," *Build. Environ.*, vol. 204, Oct.
- [5] R. Veiga and S. Malanho, 2013. "Isolamento e impermeabilização de fachadas: contribuição dos revestimentos," *Construção Mag.*, vol. 54, no. Isolamento e Impermeabilização, pp. 22–25.
- [6] I. Banjad Pečur, D. Bjegović, L. Boström, B. Milovanović, and M. Hajduković, 2015. "ETICS Fire Performance Test," *Fifth Int. Work. Performance, Prot. Strength. Struct. Under Extrem. Load.*, no. June, pp. 0–7, doi: 10.1093/epirev/mxv014.
- [7] EOTA, 2020 (European Organisation for Technical Approvals), Ead 040083-00-0404: external thermal insulation composite systems (ETICS) with rendering. *Guidel. Eur. Tech. Approv.*, pp. 1–88.
- [8] M. R. Veiga and C. Pina-Santos, 2009. "Revestimentos de isolamento térmico de fachada : Eficiência , durabilidade e comprovação de qualidade," *Construção Mag.*, vol. 32, pp. 12–18.
- [9] EOTA, 2013. "Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering, ETAG 004".