

## Adaptação do ensaio de aderência para análise de ETICS com acabamento cerâmico



Sofia Malanho  
LNEC  
Portugal  
smalanho@lnec.pt



Maria do Rosário Veiga  
LNEC  
Portugal  
rveiga@lnec.pt



Ana Luísa Velosa  
Universidade de Aveiro  
Portugal  
avelosa@ua.pt

**Resumo:** A aplicação de acabamentos descontínuos em paramentos exteriores tem uma grande tradição e valor histórico em Portugal. Este tipo de acabamentos, quando aplicado sobre ETICS, confere a estes sistemas um incremento na resistência ao choque. Uma vez que este acabamento não está abrangido pelo ETAG 004, torna-se necessário adaptar os métodos de ensaio referidos neste Guia. Esta comunicação apresenta uma metodologia para avaliação do comportamento mecânico de ETICS com acabamento cerâmico no sentido de dar resposta a problemas de maior gravidade que se prevê poderem ocorrer em edifícios com aplicação de ladrilhos cerâmicos sobre ETICS, nomeadamente destacamento dos ladrilhos. Para verificar a exigência de segurança ao uso, o ETAG 004 prevê para ETICS com acabamentos por pintura, a realização do ensaio de aderência do isolante à camada de base; neste caso, para analisar possíveis problemas de destacamentos que possam ocorrer em acabamentos de ladrilhos cerâmicos aplicados sobre ETICS, o referido ensaio foi adaptado para estudar a aderência do ladrilho à camada de base. Os ensaios foram efectuados aos 28 dias, 1 ano e 2 anos após a aplicação do ETICS para avaliar o seu comportamento e o desempenho ao longo do tempo, em ambiente natural, e comparados com o ensaio de envelhecimento artificial (ciclos higrotérmicos previstos no ETAG 004 para ETICS com acabamentos por pintura).

Os resultados obtidos na campanha experimental mostram valores muito superiores a 0,08 N/mm<sup>2</sup>; no entanto, o requisito previsto no Guia da EOTA tem que ser também ele adaptado, devido à maior massa do acabamento cerâmico.

**Palavras-chave:** ETICS; acabamento de ladrilhos cerâmicos e ensaio de aderência.

## **1. INTRODUÇÃO**

Os sistemas de ETICS são aplicados pelo exterior das paredes dos edifícios, com o objetivo de melhorar o isolamento térmico.

A avaliação do seu desempenho deve ser efectuada com base no “ETAG 004 – Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with rendering”, em vigor desde Março de 2000 [1], que estabelece os requisitos e os métodos de ensaio para avaliação do cumprimento das Exigências Essenciais definidas na Directiva dos Produtos da Construção [2].

Estes sistemas são constituídos por vários componentes, que devem ser compatíveis entre si, para proporcionar um bom desempenho global do sistema [3 e 4]. Os ETICS são fixados ao suporte através da aplicação de um produto de colagem ou por fixação mecânica, ou por ambos os métodos [1]. Sobre a camada de isolante térmico é aplicada uma camada de base reforçada. Para este tipo de sistemas podem ser seleccionados diferentes acabamentos, como é o caso dos revestimentos por pintura com tintas, revestimentos plásticos espessos (RPE) ou revestimentos minerais, de silicatos ou de cimento [1]. Para tentar eliminar algumas limitações que estes sistemas possam apresentar, como resistência aos choques e à perfuração e reacção ao fogo, os acabamentos referidos podem ser substituídos por acabamentos descontínuos de dimensões reduzidas, como ladrilhos cerâmicos, embora estes tipos de acabamentos não estejam previstos no ETAG 004 [1]. Deste modo, surge a necessidade de desenvolver uma metodologia de ensaio para avaliação do desempenho de ETICS com a utilização de acabamento de ladrilhos cerâmicos [5]. Esta metodologia abrange uma campanha experimental que se baseia nas exigências essenciais previstas na Directiva dos Produtos da Construção [2] para evitar problemas que possam ocorrer nos mesmos sistemas. Esta Directiva define seis Exigências Essenciais (EE) para os produtos, materiais e sistemas que possam ser utilizados na construção de edifícios: estabilidade (EE1) – não é aplicável a ETICS por não serem elementos estruturais; segurança contra riscos de incêndio (EE2); higiene, saúde e ambiente (EE3); segurança no uso (EE4); protecção contra o ruído (EE5) – não está prevista a sua aplicação no ETAG por se considerar que os ETICS não têm que contribuir para o isolamento acústico; economia de energia (EE6). A durabilidade e a adequabilidade ao uso são, por seu lado, propriedades essenciais para que as exigências referidas façam sentido.

## **2. AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE ETICS COM ACABAMENTOS CERÂMICOS**

### **2.1 Metodologia de ensaio**

Esta comunicação foca apenas a avaliação do comportamento mecânico destes sistemas, através da execução do ensaio de aderência, para dar resposta à Exigência Essencial de Segurança no uso e a aspectos relacionados com a durabilidade e a adequabilidade.

O ensaio de aderência foi adaptado a partir do previsto no ETAG 004 [1] para ETICS com acabamentos por pintura (Fig. 3). Este ensaio foi efectuada com o objectivo de analisar a aderência da camada de base ao isolante e do acabamento cerâmico à camada de base. Para tal, foi necessária a execução de incisões com profundidades diferentes, com recurso a uma caroteadora eléctrica (Tabela 1).

Após o arrancamento é observado o modo de rotura da carote e registado o valor da força de rotura. Os valores da força (F) foram retirados directamente do aparelho de arrancamento e convertidos para valores de tensão de aderência ( $\sigma$ ), através da seguinte fórmula:

$$\sigma = F/A \quad (1)$$

em que F é a força de rotura, em N, A é a área da zona de incisão em  $\text{mm}^2$  e o resultado da tensão de rotura  $\sigma$  é expresso em  $\text{N}/\text{mm}^2$ .

Tabela 1 – Ensaios de aderência e profundidade das incisões

ETICS	Tipo de aderência	Profundidade da incisão para execução das carotes Profundidade
Com acabamento por pintura	Aderência do revestimento ao isolante*	Até ao isolante (carotes circulares) (Fig. 1)
Com acabamento cerâmico	Aderência do revestimento ao isolante**	Até ao isolante (carotes quadradas) (Fig. 2)
	Aderência do acabamento cerâmico à camada de base***	Até à camada de base (carotes quadradas) (Fig. 2)

\*previsto no ETAG 004 (EOTA 2000);

\*\* adaptado para acabamento cerâmico sobre ETICS;

\*\*\* desenvolvido para acabamento cerâmico sobre ETICS.



Fig. 1 – Execução das incisões num ETICS com acabamento por pintura



Fig. 2 – Execução das incisões num ETICS com acabamento cerâmico

## 2.2 Critérios de avaliação

A rotura após a execução do ensaio de aderência em ETICS com acabamento de ladrilhos cerâmicos pode ocorrer no seio de cada componente (rotura coesiva) (Figs. 4 a 7) ou nos planos de ligação entre os diversos componentes (rotura adesiva – que poderá indiciar uma baixa compatibilidade entre os dois componentes) (Fig. 8). A rotura pode também resultar de uma combinação de roturas no seio de vários componentes; por vezes este

fenómeno acontece quando a incisão (que contorna a pastilha) não foi efectuada toda à mesma profundidade (Fig. 5).

Apresentam-se para comparação, as exigências previstas no ETAG 004 [1] para ETICS com acabamentos por pintura. No caso dos ETICS com acabamento cerâmico têm que ser definidas exigências superiores devido ao maior peso e risco envolvido (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 – Critérios de apreciação do ensaio de aderência do revestimento (acabamento cerâmico + camada de base) ao isolante em ETICS

Aderência da camada de base ao isolante (incisão da carote até ao isolante)	Classificações		
	Satisfatório	Não satisfatório	Problemas associados
ETICS com acabamento de ladrilhos cerâmicos	A definir	Rotura adesiva entre o revestimento e o isolante	Destacamento do revestimento ao isolante
ETICS com acabamento por pintura	Rotura coesiva no isolante (definido no ETAG 004 (EOTA 2000) ou Tensão de aderência $\geq 0,08 \text{ N/mm}^2$	Rotura adesiva ou rotura coesiva pelo revestimento e Tensão de aderência $< 0,08 \text{ N/mm}^2$	

Tabela 3 – Critérios de apreciação do ensaio de aderência do acabamento cerâmico à camada de base em ETICS

Aderência do ladrilho à camada de base (incisão da carote até à camada de base)	Classificações		
	Satisfatório	Não satisfatório	Problemas associados
ETICS com acabamento de ladrilhos cerâmicos	Rotura coesiva na camada de base	Rotura adesiva entre a camada de base e o isolante ou Rotura adesiva entre o acabamento cerâmico e o produto de colagem	Destacamento do revestimento ao isolante Destacamento de ladrilhos

### 2.3 Características do sistema ETICS seleccionado e parâmetros a analisar

O sistema-tipo de isolamento térmico que foi seleccionado como objecto central de estudo para validação da metodologia adoptada é composto por placas de isolante térmico de poliestireno expandido moldado (EPS), coladas directamente ao suporte com recurso a uma argamassa de colagem, através da aplicação de um cordão perimetral e dois pontos no centro de cada placa; a fixação de toda a camada de isolamento térmico foi reforçada

com cavilhas plásticas, perfuradas até ao suporte. O produto para colagem das placas foi também utilizado para a execução de uma camada de base, na qual foi incorporada uma rede de fibra de vidro, com uma abertura de malha de 4 mm x 5 mm. O acabamento-tipo seleccionado foi um acabamento de ladrilhos cerâmicos de cor vermelha, com juntas entre ladrilhos aproximadamente de 8 mm, refechadas com argamassa, que foi designado por acabamento Padrão.

A análise do comportamento de ETICS com acabamento cerâmico envolveu as seguintes combinações de variáveis apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Variação de alguns parâmetros em relação ao sistema de ETICS tipo com acabamento Padrão

Variação de parâmetros	Objetivos a atingir com a variação dos parâmetros
Idade (novo, 1 ano e 2 anos de idade)	Analisar o comportamento ao longo do tempo.
Envelhecimento	Comparação entre dois tipos de envelhecimento: natural (em ambiente natural) e artificial (com recurso a câmara higrotérmica, de acordo com o ETAG 004 [1]).
Variação do tipo de acabamento	Para analisar uma situação limite foi analisado o ETICS com acabamento de ladrilhos de cor preta e de grandes dimensões (sujeito a grandes amplitudes térmicas); foram também analisados ladrilhos da cor bege com dimensões semelhantes ao acabamento Padrão e cinza com dimensões um pouco maiores; não será possível estabelecer uma comparação directa em relação entre o acabamento Padrão e os acabamentos Beje, Cinza e Preto, porque em cada situação existe mais do que uma variável – cor e dimensão – no entanto permite ter uma ideia do comportamento de outros tipos de acabamentos cerâmicos para além do acabamento-tipo seleccionado.
Diferenciar zonas de fachadas	Zona corrente da fachada e zonas dos peitoris das janelas (zonas reforçadas).
Localização da colocação das cavilhas plásticas	Comparação do comportamento do sistema quando são aplicadas cavilhas plásticas sobre as placas de isolante térmico ou após a aplicação da armadura.
Características do suporte	ETICS aplicado directamente sobre suporte de alvenaria de tijolo ou sobre o mesmo suporte previamente rebocado.

O ETICS foi aplicado sobre uma parede de alvenaria em ambiente exterior, que possibilitou a análise de exposição às condições atmosféricas.

Para o envelhecimento artificial foi construída uma parede de alvenaria com uma área de 6 m<sup>2</sup>, conforme previsto no Guia [1]. A câmara utilizada para execução do ensaio foi encostada à aplicação do sistema de ETICS 28 dias após a sua cura e durante aproximadamente 1 mês simulou ciclos de calor-chuva e calor-frio.

## **2.4 Análise dos resultados**

### **2.4.1 Aderência do revestimento ao isolante**

No ensaio de aderência com corte até ao isolante verificou-se que os valores até dois anos de idade do acabamento Padrão aplicado sobre ETICS variam entre 0,20 a 0,25 N/mm<sup>2</sup> (Tabela 5). O sistema com 2 anos de idade apresentou um valor médio de 0,17 N/mm<sup>2</sup>, com uma aparente tendência de redução.

A alteração do tipo de ladrilho não influenciou a aderência do revestimento ao isolante, em sistemas com idade de 2 anos.

O ETICS com acabamento Padrão submetido ao envelhecimento artificial aponta para uma tendência de ligeira diminuição em relação ao estado novo e após 1 ano de idade. São também apresentadas duas zonas distintas do sistema Padrão, “zona corrente da fachada” que tem incorporada uma rede normal e a zona “próxima da janela” – é uma zona que para além da rede normal, possui uma outra rede que foi colocada na diagonal para reforço da janela. Os resultados permitem verificar que a colocação de uma rede de reforço não influencia a aderência da camada de base ao isolante, quando o corte da carote é efectuado até ao isolante.

A localização das cavilhas plásticas após a aplicação da rede também não alterou os resultados da aderência do revestimento ao isolante.

O ETICS com acabamento Padrão aplicado sobre suporte rebocado não melhorou a aderência do revestimento ao isolante; de novo foi condicionante a resistência do isolante.

Em geral os valores são bastantes elevados quando comparados com os resultados obtidos em estudos anteriores com ETICS com acabamentos por pintura [6].

Tabela 5 – Aderência do revestimento ao isolante

Parâmetro analisado	Tipo de envelhecimento	Valor de tensão de arrancamento (N/mm <sup>2</sup> )		Tipologia de rotura
		Valores	Média	
<u>Características sistema-tipo</u> : acabamento Padrão (com cavilhas aplicadas sobre o isolante); ensaio realizado numa zona comum da fachada; sistema aplicado sobre murete.	Estado novo	0,24	0,21	coesiva no isolante (Fig. 4)
		0,20		
		0,20		
Envelhecimento natural – ao longo do tempo	Após 1 ano	0,22 0,25	0,24	coesiva no isolante
	Após 2 anos	0,12 0,22		
Alteração do tipo de acabamento	Após 2 anos	Beje 0,14 0,20	0,16	coesiva no isolante
		Cinza 0,15 0,17		
		Preto 0,08** 0,20		
Comparação com o envelhecimento artificial	Após ciclos higratérmicos***	0,16 0,23* 0,18	0,19	coesiva no isolante (Fig. 6)
		0,17		
		0,20		
Alteração da localização da fachada ensaiada	zona próximo da janela (zona reforçada) Após ciclos higratérmicos	0,18	0,18	coesiva na camada de base coesiva 60% na camada de base + 40% no isolante (Fig. 5)
		0,18		
Localização das cavilhas plásticas (após colocação da rede)	Após 2 anos	0,19 0,19	0,19	coesiva no isolante
		0,20 0,15		
Suporte rebocado	Após 2 anos	0,18	0,18	coesiva no isolante

\*zona de ligação entre placas;\*\*valor não considerado no cálculo da média por ser inferior a 20 % do valor médio.\*\*\* Ensaio com a câmara higratérmica que envolveu ciclos de :

- calor-chuva – 80 ciclos (20 dias): calor a 70 °C durante 3 h; aspersão de água com fluxo de 1 l/m<sup>2</sup> durante 1 h; secagem durante 2 h e repouso durante pelo menos 48 h em condições de temperatura entre 10 °C;
- calor-frio – 5 ciclos (5 dias): calor a 50 °C durante 8 h; frio a -20 °C durante 16 h.

#### **2.4.2 Aderência do acabamento cerâmico à camada de base**

A aderência do acabamento cerâmico à camada de base foi executada através do arrancamento de pastilhas metálicas coladas sobre incisões efectuadas até ao seio da camada de base, tentando não atingir a rede (Tabela 6).

Verificou-se uma tendência para diminuição da aderência ao longo do tempo no sistema com acabamento Padrão.

O sistema com acabamento Padrão apresentou um valor médio de aderência mais baixo após ciclos higrotérmicos, quando comparado com o ETICS no estado novo, em contrapartida são mais elevados do que o sistema após 1 e 2 anos de envelhecimento natural.

Com o corte até à camada de base verificou-se que os valores de tensão de aderência são mais elevados na zona próxima da janela, sendo esta uma zona reforçada.

No entanto, no ensaio sobre ETICS com acabamento Padrão e com alteração do tipo de acabamento com 2 anos de idade, os valores da tensão de arrancamento foram influenciados pela resistência ao isolante.

Os valores do ensaio de aderência efectuado a ETICS com diferentes acabamentos aplicados são muito semelhantes entre si.

A aplicação das cavilhas plásticas (ancoragem) sobre as placas de isolante térmico ou após a aplicação da rede não alteram a tensão de arrancamento.

A aplicação de um reboco sobre o suporte também não influenciou a aderência do ladrilho à camada de base.

Tabela 6 – Aderência do acabamento cerâmico à camada de base

Parâmetro analisado	Envelhecimento	Valor de tensão de arrancamento (N/mm <sup>2</sup> )		Tipologia de rotura
		Valores	Média	
<u>Características sistema-tipo:</u> acabamento Padrão (com cavilhas aplicadas sobre o isolante);ensaio realizado numa zona comum da fachada; sistema aplicado sobre murete.	Estado novo (28 dias após a sua aplicação)	0,50	0,56	Coesiva na camada de base (Fig. 7)
		0,57		
		0,60		
Envelhecimento natural – ao longo do tempo	1 ano de idade	0,19	0,24	coesiva no isolante
		0,27		
	2 anos de idade	0,15*	0,17	coesiva 50 % no isolante e 50 % na camada de base
Alteração do tipo de acabamento	Beje	0,17	0,20	coesiva no isolante
		0,22		
		0,22		
Alteração do tipo de acabamento	Cinza	0,22	0,22	coesiva no isolante
		0,22		
		0,20		
Alteração do tipo de acabamento	Preto	0,30	0,25	coesiva no isolante
		0,30		
		0,34		
Comparação com o envelhecimento artificial	Após ciclos higtotérmicos**	0,34	0,33	coesiva na camada de base
Alteração da localização da fachada ensaiada	zona próximo da janela (zona reforçada)	0,50	0,56	coesiva na camada de base
		0,57		
		0,60		
Localização das cavilhas plásticas (após colocação da rede)	2 anos de idade	0,17	0,17	coesiva no isolante
		0,17		
Suporte rebocado	2 anos de idade	0,14	0,17	coesiva no isolante
		0,19		

\* a incisão atingiu a rede.

\*\*Ensaio com a câmara higtotérmica que envolveu ciclos de :

- calor-chuva – 80 ciclos (20 dias): calor a 70 °C durante 3 h; aspersão de água com fluxo de 1 l/m 2 min durante 1 h; secagem durante 2 h e repouso durante pelo menos 48 h em condições de temperatura entre 10 °C;
- calor-frio – 5 ciclos (5dias): calor a 50 °C durante 8 h;frio a -20 °C durante 16 h.

		
<p>Fig. 3 – Rotura coesiva no isolante em ETICS com acabamento por pintura</p>	<p>Fig. 4 – Rotura coesiva no isolante em ETICS com acabamento cerâmico</p>	<p>Fig. 5 – Rotura coesiva no isolante e na camada de base</p>
		
<p>Fig. 6 – Rotura coesiva no isolante, devido à incisão envolver a rede</p>	<p>Fig. 7 – Rotura coesiva na camada de base</p>	<p>Fig. 8 – Rotura adesiva entre camada de base e isolante</p>

### 3. CONCLUSÕES

O comportamento dos ETICS com acabamento por pintura é avaliado de acordo com um Guia designado por ETAG 004 [1], onde se encontram definidas as várias exigências. Para analisar o comportamento destes acabamentos sobre ETICS adaptaram-se métodos de ensaio previstos no referido Guia. Para isso, seleccionou-se um acabamento com ladrilhos de cor vermelha com juntas refechadas com argamassa, ao qual se atribuiu a designação de acabamento Padrão. Analisou-se a variação introduzida por diversos parâmetros, como: comportamento do sistema ao longo do tempo (com análise do sistema no estado novo e com 1 e 2 anos de idade); envelhecimento artificial com ciclos higrotérmicos; alteração do tipo, cor e dimensões do acabamento cerâmico. Analisou-se ainda a influência do uso do reboco sobre o suporte, para verificar se proporciona uma melhor ligação ao ETICS e variou-se a localização das cavilhas sobre o suporte (sobre as placas de isolante térmico ou após a aplicação da rede).

No ensaio de aderência do revestimento ao isolante em geral, os resultados foram semelhantes com a aplicação do acabamento Padrão ao longo do tempo e a tipologia de rotura deu-se no seio do isolante. O ensaio efectuado numa zona próximo da janela, com uma rede de reforço para além da rede normal, permitiu verificar que, quando a incisão é

efectuada até ao isolante, os valores são muito semelhantes a zonas só com uma rede normal (zona designada por “zona corrente da fachada”). Todos os valores foram superiores a 0,08 N/mm<sup>2</sup> ou apresentaram a tipologia coesiva no isolante (para o caso da aderência entre a camada de base e o isolante). Os resultados foram semelhantes no ensaio de aderência com o corte até ao isolante com diferentes tipos de acabamentos cerâmicos. A aplicação de reboco sobre o suporte não melhorou o comportamento da aderência da camada de base ao isolante.

No acabamento Padrão aplicado sobre ETICS no estado novo, os valores obtidos no ensaio de aderência do acabamento cerâmico à camada de base foram mais elevados do que na aderência da camada de base ao isolante. Verificou-se uma diminuição dos valores do sistema após 1 e 2 anos, em relação ao estado novo. Após os ciclos higrótérmicos o sistema apresentou valores mais baixos do que no estado novo, mas mais elevados do que nas aplicações após 1 e 2 anos. Os valores próximos da janela, com o corte até à camada de base, apresentaram valores mais elevados de tensão de aderência do ladrilho à camada de base. Alterando o tipo de acabamento cerâmico (Beje, Cinza e Preto) verifica-se que os valores são muito idênticos ao acabamento Padrão. Concluiu-se também que a variação da localização das cavilhas plásticas após aplicação da rede, assim como a aplicação do reboco sobre suporte, não alteraram os resultados da tensão de arrancamento.

#### 4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa SAINT-GOBAIN WEBER PORTUGAL, SA e aos seus colaboradores: Engenheiros Luís Silva, Vasco Pereira, Pedro Sequeira e Nuno Vieira, que contribuíram para a discussão dos resultados, além do fornecimento de materiais e de mão de mão de obra para as aplicações do sistema ETICS.

Agradece-se também a colaboração dos técnicos do LNEC Luís Carmo, Bento Sabala e Ana Maria Duarte e Sílvia Costa.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] EUROPEAN ORGANIZATION FOR TECHNICAL APPROVALS (EOTA). *Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering*. EOTA, Brussels, March 2000. ETAG 004.
- [2] |P| - Leis, d., etc. *Transposição para a legislação portuguesa da directiva nº 89/106/CEE, de 21 de Dezembro de 1989, do Conselho das Comunidades Europeias - Directiva dos Produtos da Construção (CPD)*. Decreto-Lei nº 113/93, de 10 de Abril e Portaria nº 566/93. L. D. d. República. Lisboa. 1993.
- [3] Veiga, M. R.; Pina dos Santos, C. – *Revestimentos de isolamento térmico de fachada: eficiência, durabilidade e comprovação de qualidade*. Construção Magazine, nº 32, Julho 2009, pp. 12-18.
- [4] Collina, A.; Lignola, G. P. *The External Thermal Insulation Composites System (ETICS) – More than comfort and energy saving*. APFAC 2010, 3º Congresso Português de Argamassas de Construção. Lisboa, LNEC, 18 e 19 Março. 2010.
- [5] Malanho, Sofia; Veiga, M. Rosário. *Performance of External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) with finishing ceramic tiles*. Apresentação oral em: XII DBMC – 12th International Conference on Building Materials and Components. A realizar no Porto: FEUP, 12 a 15 Abril de 2011.
- [6] Veiga, M. Rosário; Malanho, Sofia. *Sistemas Compósitos de Isolamento Térmico pelo Exterior (ETICS): Comportamento global e influência dos*

*componentes*. Comunicação aceite para apresentação oral em: APFAC 2010 – 3º Congresso Português de Argamassas de Construção. Lisboa: LNEC, 18 e 19 Março 2010.