



Laboratório  
de Física das  
Construções

## **PATOLOGIAS DE SISTEMAS DE ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR DO TIPO ETICS**

•

APFAC - Associação Portuguesa dos Fabricantes de  
Argamassas e ETICS

RELATÓRIO — LFC-IC-282A-2014

PORTO, DEZEMBRO DE 2014

# **PATOLOGIAS DE SISTEMAS DE ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR DO TIPO ETICS**

APFAC - Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas e ETICS

## **ÍNDICE**

<b>1</b>	<b>ÂMBITO .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DO SISTEMA DE ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR ETICS .....</b>	<b>3</b>
2.1	BREVE HISTÓRIA DO SISTEMA ETICS .....	3
2.2	PREPARAÇÃO DOS TRABALHOS .....	4
2.2.1	Identificação dos pontos singulares .....	4
2.2.2	Equipamento necessário .....	4
2.2.3	Andaimes .....	5
2.2.4	Análise e tratamento do suporte.....	6
2.2.5	Condições de aplicação.....	8
2.3	APLICAÇÃO DO SISTEMA .....	8
2.3.1	Montagem dos perfis de arranque e laterais .....	8
2.3.2	Preparação do produto de colagem .....	10
2.3.3	Aplicação do produto de colagem .....	10
2.3.4	Colocação do isolamento .....	12
2.3.5	Fixação mecânica do isolamento .....	15
2.3.6	Reforço dos pontos singulares .....	16
2.3.7	Aplicação da camada de base armada .....	16
2.3.8	Aplicação da camada de primário .....	18
2.3.9	Aplicação da camada de acabamento .....	18
<b>3</b>	<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS ISOLAMENTOS TÉRMICOS.....</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>FICHAS DE PATOLOGIAS DOS SISTEMAS ETICS.....</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>36</b>

## PATOLOGIAS DE SISTEMAS DE ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR DO TIPO ETICS

•  
APFAC - Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas e ETICS

### 1 ÂMBITO

Os sistemas de isolamento térmico pelo exterior do tipo ETICS, embora sejam relativamente recentes, representam uma importante fatia do mercado de isolamento térmico de fachadas pelo exterior em diversos países. A sua crescente utilização, sobretudo após os anos 70 do século XX, foi acompanhada pelo aparecimento de algumas patologias cujas causas interessa conhecer.

Estudos realizados em França pelas companhias de seguros permitiram verificar quais as patologias mais frequentes dos ETICS (Figura 1).

- Descolagem generalizada e queda do sistema
- Descolagem parcial do sistema
- Infiltrações através do sistema
- Microfissuração
- Destacamento e/ou empolamento do reboco e do revestimento final
- Bolores e algas
- Anomalias associadas aos aspecto do revestimento
- Degradação ao nível do r/c
- Outras anomalias

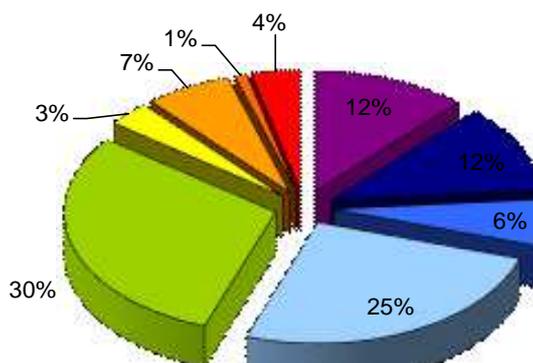


Figura 1 – Distribuição das patologias nos primeiros anos de aplicação do sistema em França (1979-1985)

Este documento apresenta um conjunto de fichas de patologias que frequentemente ocorrem em Portugal, bem como define uma metodologia de aplicação dos sistemas ETICS com o objetivo de sensibilizar os aplicadores sobre as preocupações no processo de aplicação.

## 2 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DO SISTEMA DE ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR ETICS

### 2.1 BREVE HISTÓRIA DO SISTEMA ETICS

Nos anos 40 do século XX surgiu na Suécia pela primeira vez um sistema de isolamento térmico de fachadas pelo exterior, constituído por lã mineral revestida com um reboco de cimento e cal.

De acordo com alguns autores, o desenvolvimento dos sistemas de reboco delgado armado sobre poliestireno expandido, será posterior e da responsabilidade de Edwin Horbach [1]. Terá sido num pequeno laboratório, construído na sua cave, que testou diferentes composições de reboco, diversos produtos de reforço e materiais de isolamento. Após contactos com um fabricante alemão de poliestireno expandido o sistema começou a ser usado no final da década de 50.

O sistema ETICS foi introduzido nos Estados Unidos da América nos anos 60, por Frank Morsilli<sup>(1)</sup>, mas teve de sofrer algumas alterações para que se adaptasse ao tipo de construção existente e ao mercado americano. Inicialmente existiu alguma resistência à utilização do sistema nos Estados Unidos, mas a crise energética do início dos anos 70 aumentou o interesse pelos sistemas de isolamento térmico pelo exterior.

Em Portugal, só no final do século XX se verificou a introdução, de uma forma definitiva, dos sistemas ETICS. Na solução mais corrente, é constituído por placas de isolamento térmico que são coladas ao suporte e revestidas com um reboco delgado aplicado em várias camadas, armado com rede de fibra de vidro (Figura 2), sendo o acabamento final realizado com um revestimento plástico espesso (RPE).

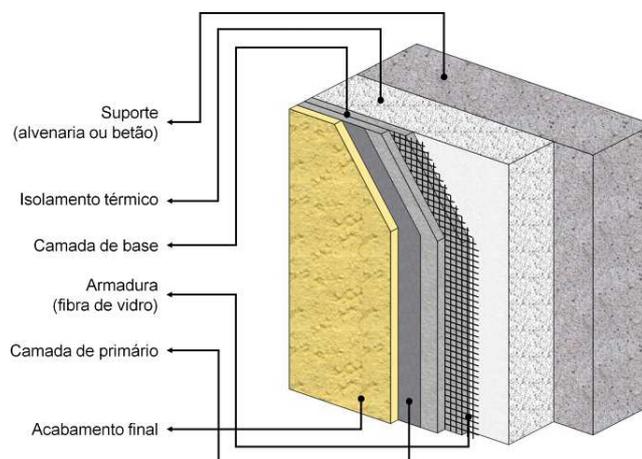


Figura 2 – Composição esquemática dos sistemas ETICS

<sup>(1)</sup> Nos Estados Unidos da América utiliza-se a sigla EIFS (*Exterior Insulation and Finish Systems*) para designar os ETICS

Hoje, em Portugal e na Europa, há diferentes composições em aplicação, com diferentes tipos de isolamento térmico, sintético ou mineral, e soluções de reboco delgado armado.

## 2.2 PREPARAÇÃO DOS TRABALHOS

### 2.2.1 Identificação dos pontos singulares

Antes de se iniciarem os trabalhos de aplicação do sistema de isolamento é indispensável a realização de um exame detalhado das fachadas a isolar, que permita a identificação de todos os pontos singulares, bem como o desenvolvimento de um projeto de execução elaborado por profissionais qualificados. Só assim será possível a preparação dos desenhos de pormenor necessários e de um orçamento rigoroso.

Devem ser analisados os seguintes aspetos:

- Área de fachada a revestir, avaliando a sua acessibilidade;
- Características do suporte;
- Dimensão e forma dos vãos e dos peitoris;
- Características dos dispositivos de oclusão e forma de fixação;
- Localização e forma de fixação das tubagens da rede de drenagem de águas pluviais;
- Grelhas de ventilação;
- Terraços e varandas;
- Juntas de dilatação;
- Instalação eléctrica;
- Tipo de cobertura e configuração do seu contorno;
- Outros elementos a fixar nas fachadas.

### 2.2.2 Equipamento necessário

Apenas com ferramentas adequadas é possível uma correta execução dos trabalhos. Os equipamentos correntemente utilizados para a aplicação dos ETICS são (Figura 3):

- Dispositivo mecânico para misturar os componentes, por exemplo, do produto de colagem (rotação máxima de 300 rot./min);
- Colher de pedreiro e talocha dentada para aplicação do produto de colagem;
- Talocha em madeira para colocação das placas de isolamento durante a colagem;

- Esquadro, nível e réguas (de 20 cm e 2 m) para garantir o correto posicionamento do isolamento;
- Serrote e plaina elétrica para corte das placas e, eventualmente, talocha abrasiva para se eliminarem irregularidades;
- Tesoura para o corte da armadura;
- Espátula em inox para a colocação de armadura;
- Espátula de plástico, rolo ou equipamento de projeção para aplicação do revestimento final;
- Berbequim, martelo ou chave de fendas para fixação dos perfis e colocação das fixações mecânicas.

A limpeza dos equipamentos deverá ser realizada com água imediatamente após terem sido utilizados.

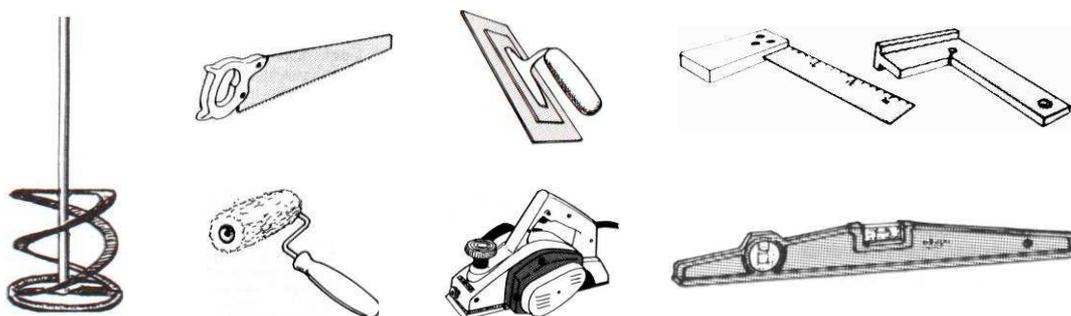


Figura 3 – Exemplos de ferramentas para aplicação de sistemas ETICS

### 2.2.3 Andaimos

Para uma correta aplicação do sistema é indispensável assegurar a estabilidade e segurança dos operários. Poderão ser utilizados andaimes de plataforma fixos ou móveis, desde que estejam convenientemente estabilizados para os esforços e movimentos dos trabalhadores durante a intervenção. Não é aconselhável a utilização de andaimes suspensos (Figura 4).

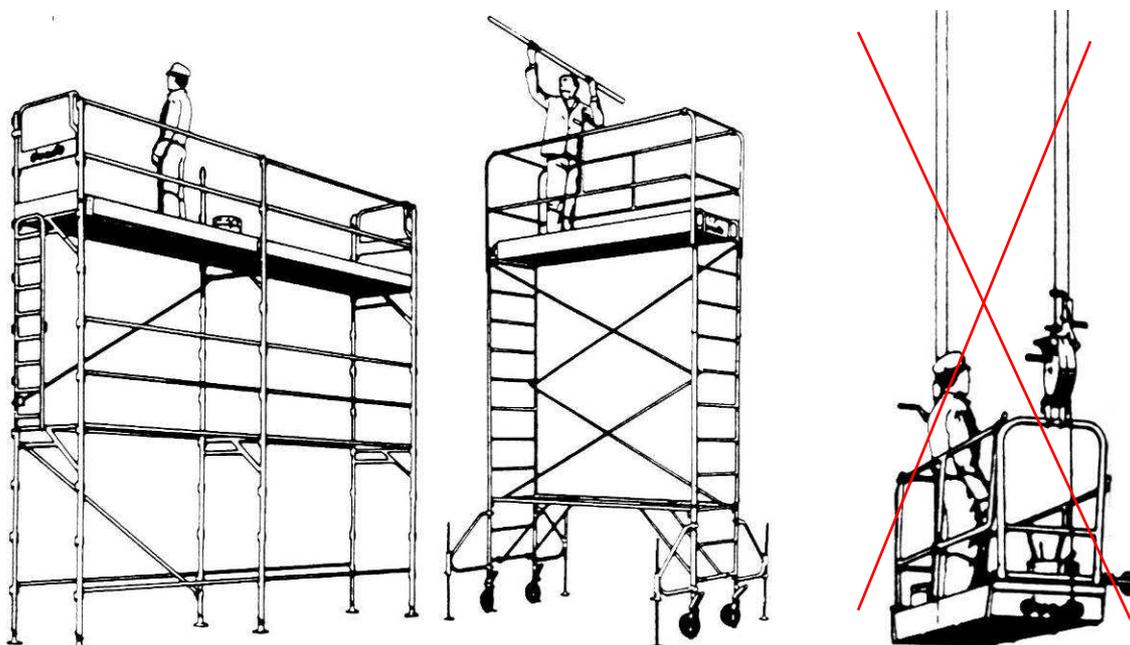


Figura 4 – Andaimos

NOTA: Não deve ser efetuada a fixação mecânica de andaimos às fachadas com revestimento em ETICS, pois a respetiva reparação origina alterações de textura.

#### 2.2.4 Análise e tratamento do suporte

Para que possa ser realizada a aplicação do sistema por colagem, os suportes deverão apresentar uma superfície plana, sem irregularidades significativas ou desníveis superiores a 0,5 cm.

A superfície sobre a qual se pretende aplicar o sistema deve apresentar-se firme, plana, limpa (isenta de pó, óleos descofrantes, sujidades, etc.) e absorvente, e as fissuras eventualmente existentes devem ser reparadas. Em suportes pintados deve realizar-se uma lavagem com jato de água sob pressão, ou outros meios de decapagem, de modo a eliminar todos os materiais não aderentes.

Em edifícios novos é necessário atender ao seguinte:

- A superfície a revestir não deverá apresentar poeiras ou partículas desagregadas;
- O suporte não deverá estar molhado;
- É indispensável um período de secagem mínimo de 45 dias para os suportes em betão e de 30 dias para as alvenarias, sem incidência de chuva na fachada;

- Em paredes de betão, se o produto de descofragem utilizado não for compatível com o produto de colagem, deverão ser realizados ensaios de aderência (Figura 5). Se os resultados obtidos não forem satisfatórios a superfície deverá ser decapada;
- Caso seja necessário realizar uma regularização deverá ser utilizado um reboco compatível com o produto de colagem do sistema;
- A regularização prévia do suporte é recomendável.

Na preparação das fachadas de edifícios existentes, deverão ainda ser respeitadas as seguintes recomendações:

- É necessário garantir a estabilidade do suporte. Não é possível aplicar o sistema sobre panos de alvenaria instáveis;
- As fissuras existentes (> 0,5 mm) deverão ser tratadas;
- Os suportes em betão que apresentem degradação por corrosão das armaduras deverão ser reparados com produtos compatíveis com o produto de colagem;
- As paredes de alvenaria ou betão com reboco de ligantes hidráulicos, nas quais tenha sido aplicado um produto hidrófugo de impregnação, deverão ser lavadas com vapor ou jato de água;
- Caso exista degradação biológica, a superfície deve ser humedecida e o revestimento deve ser lavado com escovas. Enxaguar com água limpa a baixa pressão para remover as partículas libertadas durante o tempo estritamente necessário para limitar a entrada de humidade;
- Deverá ser realizada uma inspeção de toda a superfície do suporte para aferir se existem zonas em que o reboco apresenta falta de aderência. Quando tal se verificar, após a remoção do reboco, deverão ser preenchidos os vazios;
- Todas as pinturas ou revestimentos orgânicos existentes (revestimentos de impermeabilização e revestimentos plásticos espessos ou semi-espessos) devem ser removidos por decapagem. Em função dos produtos a eliminar poderá ser utilizada a decapagem química, térmica, mecânica, com jato de areia ou de água. Deverá ser executada em toda a superfície;
- Só é possível a aplicação do sistema em suportes revestidos com elementos cerâmicos se estes apresentarem aderência adequada. Os elementos de revestimento que estejam soltos devem ser retirados. A fixação mecânica do isolamento térmico é obrigatória nestes casos;

Após a preparação do suporte deverão ser sempre realizados ensaios de aderência (Figura 5), cujos resultados nunca devem ser inferiores a 0,3 MPa em reboco à base de ligantes hidráulicos e 0,08 em reboco à base de cal, quando se utilizam sistemas ETICS colados [2].

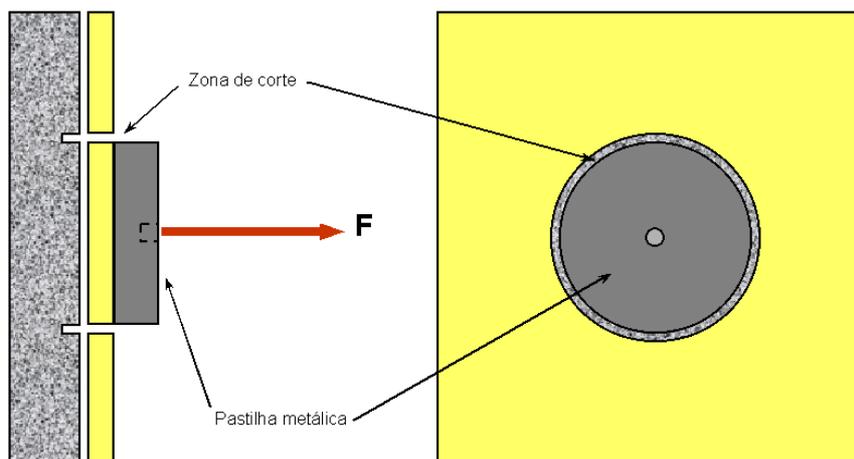


Figura 5 – Esquema de princípio da realização de ensaios de aderência

### 2.2.5 Condições de aplicação

Ao longo de todo o processo de aplicação, endurecimento e secagem dos sistemas ETICS, a temperatura ambiente, do suporte e dos materiais não deve ser inferior a 5 °C (7 °C, para alguns rebocos à base de silicatos).

As condições atmosféricas adversas, tais como chuva, neve, nevoeiro, ventos fortes, condições suscetíveis de originar condensações, temperatura ambiente superior a 30 °C e exposição direta à radiação solar, podem afetar as propriedades do sistema.

Poderão ser utilizados andaimes cobertos com toldos para proteger os trabalhos, nomeadamente, da chuva e da radiação solar. Deverá existir especial cuidado com a proteção da parte superior do sistema, de modo a evitar a infiltração de água entre o suporte e o isolamento térmico.

Em intervenções de reabilitação, os tubos de queda existentes no exterior das fachadas terão de ser removidos devendo, no entanto, garantir-se que a evacuação das águas pluviais durante os trabalhos é realizada.

## 2.3 APLICAÇÃO DO SISTEMA

### 2.3.1 Montagem dos perfis de arranque e laterais

Após a montagem dos andaimes e proteções individuais, deve proceder-se à remoção de todos os elementos existentes na fachada que tenham de ser substituídos, ou cuja posição deva ser

alterada. Deve seguir-se a preparação dos suportes e iniciada a montagem dos perfis de arranque do sistema.

Os perfis de arranque, com espessura adaptada às placas de isolamento térmico a utilizar, são colocados horizontalmente no limite inferior da zona a revestir. Para sua fixação serão utilizados parafusos adequados ao suporte, com afastamento inferior a 30 cm. Deverá existir uma fixação a menos de 5 cm das extremidades.

Caso a face inferior do perfil seja revestida com o reboco armado, a armadura deverá ser colada diretamente sobre o suporte, antes da aplicação do perfil, e posteriormente dobrada sobre o isolamento (Figura 6).

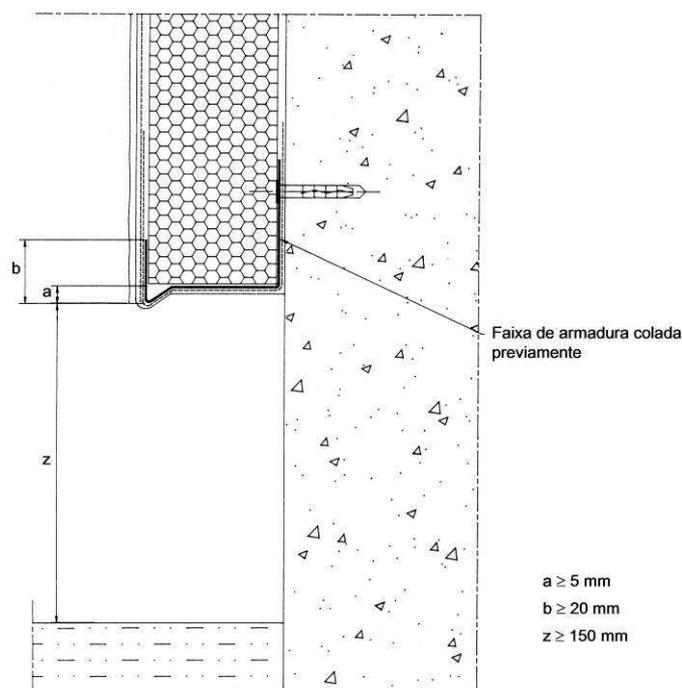


Figura 6 – Limite inferior do sistema (corte vertical) [3]

Entre os perfis deverá existir um espaço de 2 a 3 mm, de modo a permitir a sua dilatação (Figura 7). Durante a sua colocação é necessário verificar o seu alinhamento.

Se o suporte for irregular, os perfis deverão ser colocados sobre uma faixa do produto de colagem para impedir a ventilação da interface entre o isolamento e o suporte.

A fixação dos perfis laterais é idêntica à dos perfis de arranque.

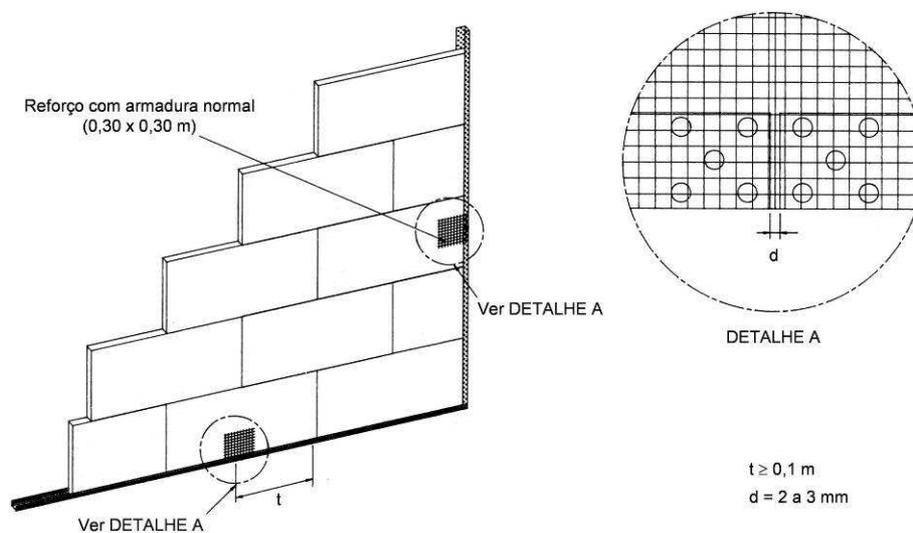


Figura 7 – Reforço das juntas entre perfis de arranque e laterais

### 2.3.2 Preparação do produto de colagem

Na preparação do produto de colagem deverão ser rigorosamente respeitadas as dosagens definidas na respetiva ficha técnica.

A mistura dos diferentes componentes deverá realizar-se com um dispositivo mecânico (rotação máxima de 300 rot./min) para que se obtenha um produto homogéneo. O produto de colagem só deverá ser aplicado cerca de 5 a 10 minutos após a preparação da mistura.

### 2.3.3 Aplicação do produto de colagem

O produto de colagem deve ser aplicado sobre a placa de isolamento e não deverá ser utilizado para preencher as juntas entre as placas (Figura 14).

A distribuição do produto de colagem sobre as placas de isolamento poderá ser realizada do seguinte modo:

- Colagem contínua com talocha dentada (Figura 8) – o produto é aplicado sobre toda a superfície da placa, com uma talocha com entalhes de 6 a 10 mm. Deverá ser deixada uma faixa com cerca de 2 cm de largura no contorno da placa, para evitar que o produto de colagem preencha as juntas entre as placas.
- Colagem parcial por pontos (Figura 9) – o produto é aplicado em manchas de espessura idêntica, distribuídas regularmente pela superfície da placa à razão de, pelo menos, 16 pontos por  $m^2$  (8 ou 10 numa placa de  $0,5 \times 1,0 m^2$ ).
- Colagem parcial por bandas (Figura 10) – é aplicada uma banda do produto de colagem com espessura regular no contorno da placa, a pelo menos 2 cm

do bordo, e duas faixas cruzadas no centro, de modo a assegurar uma reparação homogénea. As bandas não deverão ser perfeitamente contínuas, para evitar o efeito de ventosa na colocação.

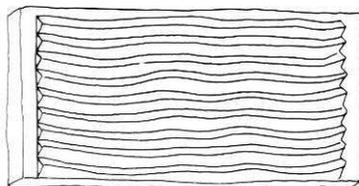


Figura 8 – Colagem contínua com talocha dentada  
(solução recomendada)

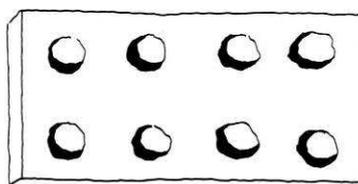


Figura 9 – Colagem por pontos

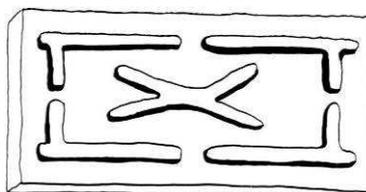


Figura 10 – Colagem por bandas

Dependendo da natureza do isolamento térmico a colagem pode ser parcial ou contínua (solução recomendada), devendo ser sempre considerada a recomendação do fabricante do produto de colagem. Nos casos em que se possa utilizar os métodos de colagem parcial, recomenda-se que o produto de colagem seja aplicado, pelo menos, em 40% da superfície da placa de isolamento [4].

NOTA: É sempre aconselhável a colagem contínua, independentemente do tipo de isolamento térmico e da regularidade do suporte.

Para que o sistema possa ser aplicado continuamente em superfícies de grande altura, utilizando um dos métodos de colagem parcial, deverão ser colocadas cantoneiras horizontais de 5 em 5 m, para que se assegure a estabilidade do isolamento até à secagem do produto de colagem.

A aplicação pontual de placas de isolamento com espessura não superior a 30 mm deverá ser realizada por colagem contínua (zonas pontuais).

### 2.3.4 Colocação do isolamento

As placas de isolamento são colocadas topo a topo, em fiadas horizontais a partir da base da parede, sendo o nível de referência definido pelo perfil de arranque. São dispostas com juntas desencontradas, quer em zona corrente, quer nos cantos (Figura 11).

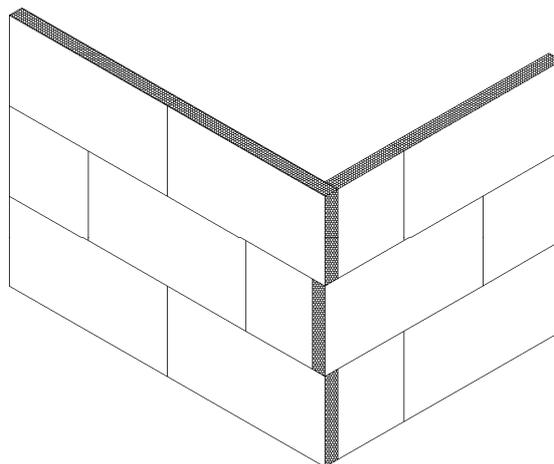


Figura 11 – Disposição das placas de isolamento térmico

As juntas entre placas de isolamento deverão estar desfasadas, pelo menos, 0,10 m das juntas entre dois perfis de arranque ou laterais (Figura 7). Além disso, não deverá haver coincidência entre as descontinuidades do suporte (por exemplo, juntas entre painéis prefabricados de betão) e as juntas das placas.

As placas devem ser colocadas imediatamente após a aplicação do produto de colagem. Para assegurar uma colagem eficaz deverão ser pressionadas contra o suporte com o auxílio de uma talocha de madeira (não com a mão). A regularidade da superfície deverá ser permanentemente verificada com uma régua de 2 m.

Na generalidade dos casos, o recorte e o ajuste das placas, nomeadamente nos cantos e nos vãos, devem ser realizados após a colagem do isolamento.

Nas ligações do sistema com as caixilharias, peitoris ou outras saliências existentes na fachada, deverá existir uma folga com cerca de 5 mm, para realização da masticagem (Figura 12 e Figura 13).

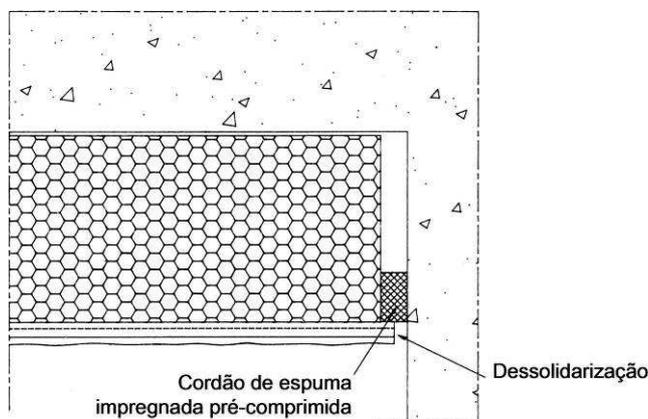


Figura 12 – Ligação do sistema com elementos construtivos salientes (corte horizontal) [3]

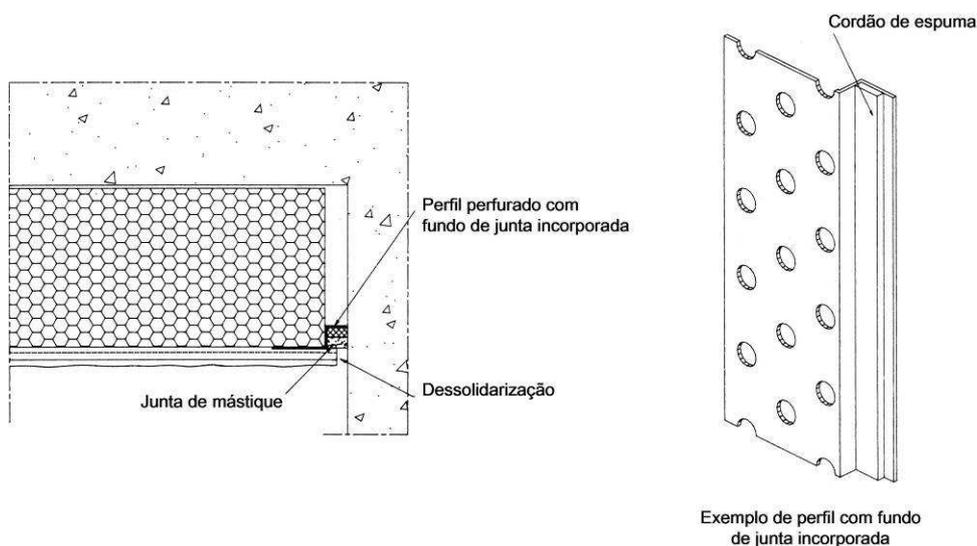


Figura 13 – Ligação do sistema com elementos construtivos salientes (corte horizontal) [3]

As lacunas existentes no isolamento e as juntas entre placas cuja espessura seja superior a 2 mm deverão ser preenchidas com o próprio material de isolamento térmico. Não se deverá utilizar o produto de colagem ou o reboco para corrigir os defeitos das placas ou para preencher as juntas (Figura 14).

Não deverão existir desníveis entre placas contíguas (Figura 14). Caso contrário, será necessário eliminar as irregularidades por alisamento (por exemplo, com talocha abrasiva) e de seguida limpar a superfície de modo a remover os resíduos resultantes. As eventuais ações corretivas só deverão ser realizadas após a secagem do produto de colagem.

O sistema deverá ser interrompido nas juntas de dilatação do edifício (Figura 15 e Figura 16).

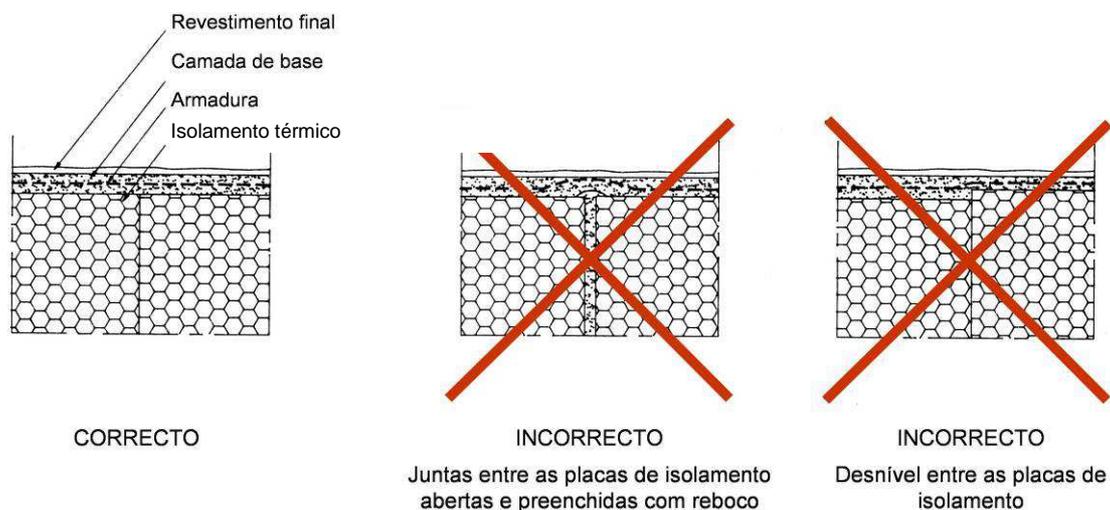
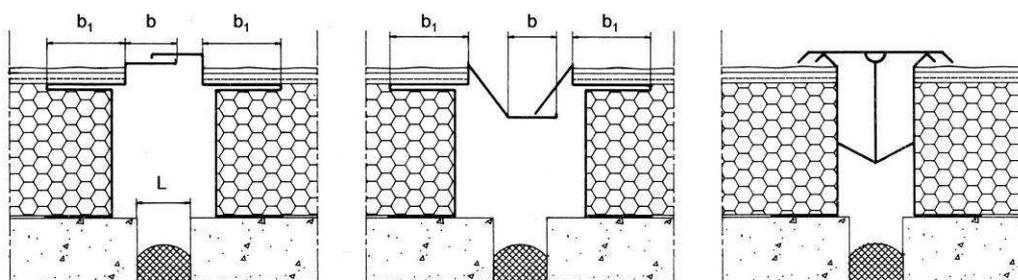


Figura 14 – Posicionamento das placas de isolamento térmico



A estanquidade ao ar deverá ser realizada ao nível da parede de suporte, antes da aplicação do sistema de isolamento térmico.

O cobre-juntas deverá:

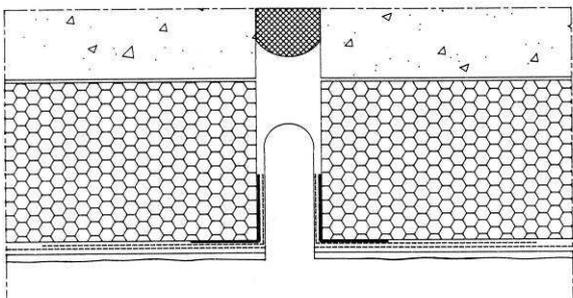
- Constituir uma barreira à precipitação;
- Absorver os movimentos entre os dois limites do sistema;
- Ser realizado em material durável;
- Resistir às diversas solicitações a que poderá estar sujeito;
- Manter-se fixo, atendendo aos movimentos previsíveis da construção.

$$b \geq 20 \text{ mm}$$

$$b_1 \geq 25 \text{ mm}$$

Figura 15 – Junta de dilatação estrutural com perfil cobre-juntas (corte horizontal) [3]

Superfície plana



Cunhal interior

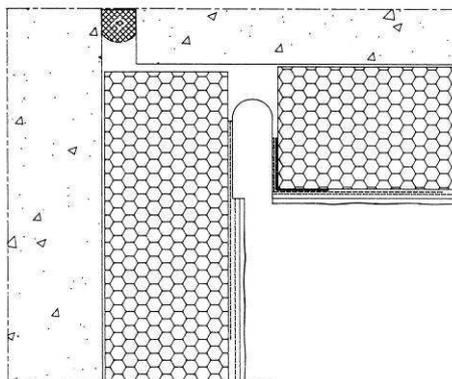


Figura 16 – Junta de dilatação estrutural sem perfil cobre-juntas (corte horizontal) [3]

### 2.3.5 Fixação mecânica do isolamento

Dependendo da natureza do isolamento térmico a fixação mecânica pode não ser obrigatória. Em sistemas cujo isolamento térmico não seja o EPS ou o XPS, poderá ser obrigatória a fixação mecânica (cortiça ou lã mineral).

Em soluções de reabilitação em que o suporte não seja completamente limpo, é recomendável utilizar fixações mecânicas complementares à colagem. Normalmente são utilizadas fixações compostas por buchas em plástico de cabeça circular com, pelo menos, 50 mm de diâmetro e por um elemento de expansão (prego ou parafuso) no seu interior (Figura 17).



Figura 17 - Buchas plásticas para fixação do isolamento térmico

As buchas podem constituir um problema, nomeadamente por originarem perturbações na planimetria, espessura diferencial do revestimento e manchas associadas a condensações nas fachadas orientadas a Norte.

### 2.3.6 Reforço dos pontos singulares

Em todas as arestas do sistema são colocadas cantoneiras de reforço, coladas diretamente sobre o isolamento com argamassa idêntica à da camada de base. São sempre aplicadas por baixo da armadura. Não deverão ser utilizados pregos para posicionar as cantoneiras até à sua colagem.

As faces dos perfis sobre os quais seja aplicado reboco, deverão ter uma largura mínima de 30 mm e apresentar, pelo menos, duas fiadas de orifícios que correspondam a 15% da superfície (diâmetro dos orifícios deverá ter cerca de 6 mm).

As juntas entre as cantoneiras não deverão coincidir com as juntas entre placas de isolamento.

Antes da realização da camada base é ainda necessário reforçar os cantos dos vãos (Figura 18) e a zona das juntas entre perfis metálicos (Figura 7), com faixas de armadura com  $0,3 \times 0,3$  m<sup>2</sup> coladas sobre as placas de isolamento.

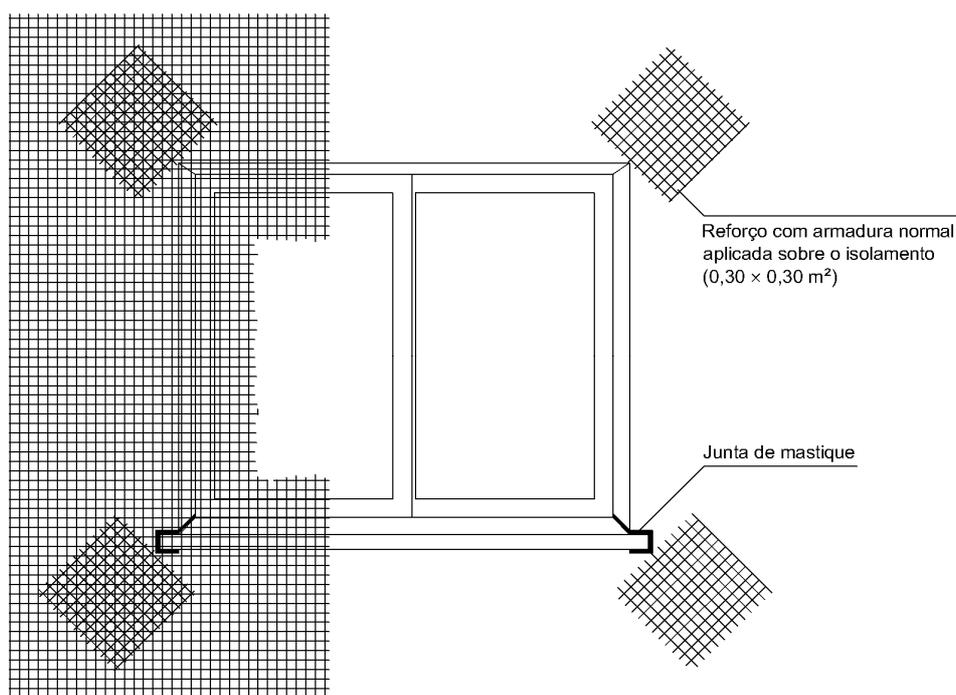


Figura 18 – Reforço da armadura no contorno dos vãos da fachada

### 2.3.7 Aplicação da camada de base armada

A camada de base deverá ser aplicada logo após a secagem do produto de colagem, para evitar a deterioração superficial do isolamento térmico. Esta degradação poderá dever-se à prolongada exposição dos plásticos alveolares a intensa radiação solar (cerca de 4 dias). Quando tal ocorrer, toda a superfície deverá ser lixada antes da aplicação do reboco.

A camada de base é realizada em várias subcamadas, sendo cada uma delas aplicada após a secagem da anterior (geralmente no dia seguinte). O período de secagem entre camadas não deverá ser muito prolongado para que exista uma boa aderência.

Após a colagem das placas e dos elementos de reforço nos pontos singulares, a superfície do isolamento térmico é revestida com uma primeira camada de reboco. A armadura é aplicada sobre esta camada ainda fresca, utilizando uma talocha em inox.

Nas emendas de armadura (Figura 19) deverá existir uma sobreposição de cerca de 10 cm (nunca inferior a 5 cm). A armadura deverá envolver as arestas onde existam cantoneiras de reforço.

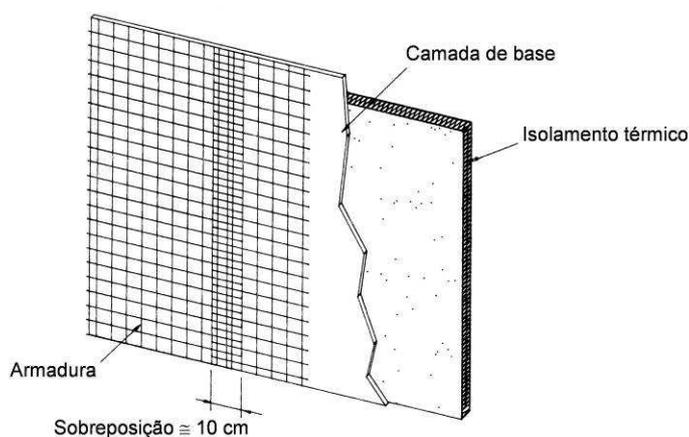


Figura 19 – Sobreposição das armaduras

Nunca aplicar a armadura diretamente sobre o isolamento térmico (Figura 20).

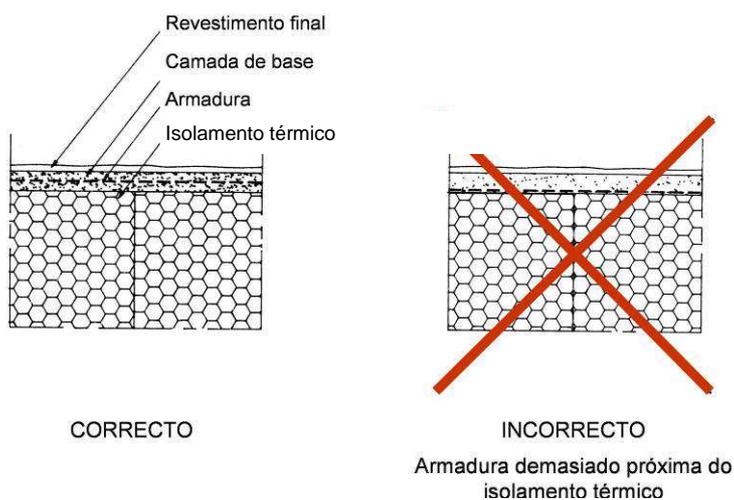


Figura 20 – Posicionamento da armadura

Após a secagem da primeira camada é aplicada uma última camada de reboco de modo a envolver completamente a armadura.

### **2.3.8 Aplicação da camada de primário**

Nas situações onde é necessário, o primário é aplicado com rolo ou trincha, após secagem da camada de base (no mínimo 24 horas). A cor do primário deverá ser idêntica à da camada de acabamento.

### **2.3.9 Aplicação da camada de acabamento**

O revestimento final é aplicado sobre a camada de primário ou, se esta não existir, sobre a camada de base armada, após conveniente secagem. A espessura desta camada não deve ser inferior a 1,5 mm.

A homogeneidade da camada de acabamento deve ser assegurada, o que pressupõe as seguintes recomendações:

- Não realizar os trabalhos sob condições atmosféricas adversas;
- Utilizar apenas material de um fornecimento para cada superfície de fachada;
- Executar os trabalhos com pessoal suficiente para evitar juntas de aplicação em cada superfície a revestir;
- Aplicar a camada de acabamento por painéis;
- Assegurar que os andaimes permitam uma aplicação adequada por parte dos trabalhadores.

NOTA: É recomendável a aplicação de uma pintura complementar com tratamento algicida e fungicida, exceto se a camada de acabamento apresentar características específicas.

### 3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS ISOLAMENTOS TÉRMICOS

Atualmente existem diversos tipos de isolamento térmico utilizado no sistema ETICS, poliestireno expandido (EPS), poliestireno extrudido (XPS), lã de rocha (MW) e aglomerado de cortiça expandida (ICB). Para cada um destes tipos de isolamento foi elaborada uma norma harmonizada que define os requisitos às propriedades dos isolamentos que possibilitam a sua marcação CE, a EN 13163 para o poliestireno expandido, a EN 13164 para o poliestireno extrudido, a EN 13170 para o aglomerado de cortiça expandida e a EN 13162 para a lã de rocha.

De entre as propriedades consideradas nas normas harmonizadas foram selecionadas a condutibilidade térmica, a resistência à compressão para uma deformação de 10%, a estabilidade dimensional em determinadas condições de temperatura e humidade relativa, o fator de resistência à difusão de vapor de água e a reação ao fogo. A estas foram adicionadas outras propriedades como a massa volúmica, a variação dimensional após fabrico até à comercialização e o coeficiente de dilatação térmica linear. Apresenta-se no Quadro 1 os valores de referência para as propriedades mencionadas dos isolamentos térmicos para sistemas ETICS fabricados em Portugal.

Quadro 1 – Características dos diferentes tipos de isolamentos térmicos em Portugal [APFAC].

Propriedade	Tipo de isolamento			
	Poliestireno expandido	Poliestireno extrudido	Lã de rocha	Aglomerado de cortiça expandida
Condutibilidade térmica declarada $\lambda_D$ (W/mK)	0,031-0,038	0,034-0,038	0,036	0,040
Estabilidade dimensional DS (T °C / HR %)				
DS (23/50) (%)	Não disponível	Não disponível	Não disponível	Não disponível
DS (23/90) (%)	Não disponível	$\leq 2$	$< 1$	Não disponível
DS (70/90) (%)	$\leq 1$	$\leq 5$	Não disponível	Não disponível
Reação ao fogo				
Euroclasse	E	E	A1	E
Resistência à compressão (deformação 10%) $\sigma_{10}$ (kPa)	60-150	300	36	100
Massa volúmica (kg/m <sup>3</sup> )	15-25	28-38	130	100-120
Variação dimensional após fabrico	Não disponível	Não disponível	-	-
Coeficiente de dilatação térmica linear $\alpha$ (/°C)	$5-7 \times 10^{-5}$	$7,5 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	Não disponível
Fator de resistência à difusão de vapor de água $\mu$	20-70	50	1	20

No Quadro 2 apresentam-se os limites legais de reação ao fogo dos materiais de isolamento térmico definida na regulamentação portuguesa.

Quadro 2 – Requisitos de reação ao fogo de isolamento térmicos de sistemas de revestimento exterior [5]

<b>Elemento</b>	<b>Edifícios de pequena altura</b>	<b>Edifícios de média altura</b>	<b>Edifícios com altura superior a 28m</b>
Isolante térmico de sistemas de revestimento exterior criando caixa-de-ar	D-s3,d0	B-s2,d0	A2-s2,d0
Isolamento térmico de sistemas ETICS	E-d2	E-d2	B-s2,d0

A seleção do isolamento térmico a aplicar nos sistemas ETICS pressupõe o seu “dimensionamento” do ponto de vista térmico, higrotérmico, mecânico e de reação ao fogo. No Quadro 1 sintetizam-se as propriedades dos materiais de isolamentos térmicos fabricados em Portugal fornecidos pela APFAC, sem se definirem requisitos mínimos, tarefa que terá de ser efetuada pelos fabricantes e projetistas.

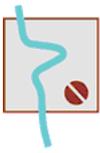
#### 4 FICHAS DE PATOLOGIAS DOS SISTEMAS ETICS

Foram elaboradas 11 fichas de patologias do sistema de isolamento térmico pelo exterior do tipo ETICS e revistas 3 fichas já disponíveis no *site* [www.patorreb.com](http://www.patorreb.com) (números 038, 039 e 048). A elaboração destas fichas teve como base relatórios sobre as patologias do sistema ETICS observados em vários edifícios nos últimos 15 anos.

O Quadro 3 define, para cada ficha de patologia, o fenómeno físico / causa que está na sua origem (ordenado por ordem alfabética).

Quadro 3 – Fenómenos físicos / causas que estão na origem das patologias do sistema ETICS.

Fenómeno físico / Causa	Patologia	Nº da ficha
Aplicação inadequada do sistema em superfícies horizontais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fissuração do revestimento</li> <li>• Manchas</li> <li>• Infiltrações</li> </ul>	A11
Ausência de armadura em pontos singulares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fissuração do revestimento</li> </ul>	A03
Choque / Vandalismo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perfuração do sistema</li> </ul>	A05
Colagem inadequada de ladrilhos cerâmicos sobre o sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destacamento e/ou empolamento do revestimento</li> <li>• Infiltrações</li> </ul>	A06 A08
Colonização biológica e manchas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolores e algas</li> </ul>	A13
Cor do revestimento / Absorção da radiação solar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fissuração do revestimento</li> <li>• Destacamento e/ou empolamento do revestimento</li> </ul>	A02
Deficiente remate do sistema com as caixilharias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infiltrações</li> </ul>	A09
Deficiente aplicação dos perfis de arranque do sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fissuração do revestimento</li> </ul>	A12
Expansão térmica dos materiais do sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fissuração do revestimento</li> </ul>	A01
Incorreto tratamento das juntas de dilatação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deterioração do tratamento das juntas</li> <li>• Fissuração do revestimento</li> </ul>	A10
Instabilidade do suporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fissuração do revestimento</li> <li>• Destacamento e/ou empolamento do revestimento</li> </ul>	A14
Reduzida espessura do revestimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fissuração do revestimento</li> </ul>	A04
Retração da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fissuração do revestimento</li> <li>• Destacamento e/ou empolamento do revestimento</li> </ul>	A07
<b>NÚMERO TOTAL DE FICHAS</b>		<b>14</b>



## Parede exterior – Expansão térmica

## FISSURAÇÃO DO REBOCO DO SISTEMA ETICS ASSOCIADA ÀS JUNTAS DO ISOLAMENTO TÉRMICO

## DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

Fissuras do revestimento nas juntas das placas de isolamento térmico do sistema ETICS.



## SONDAGENS E MEDIDAS

Foram realizadas duas sondagens para identificar as características das camadas aplicadas e analisar as fissuras observadas.

O suporte era constituído por alvenaria de tijolo e as fissuras coincidiam com as juntas entre placas. O sistema ETICS era constituído por:

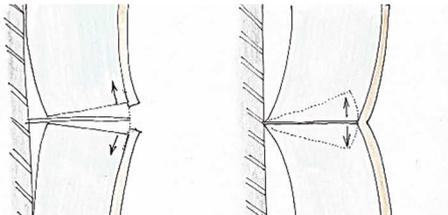
- Colagem pontual do isolamento térmico ao suporte aplicada com diferentes e variáveis espessuras;
- Placas de isolamento térmico em poliestireno extrudado (XPS) com 40 mm de espessura;
- Reboco delgado constituído por uma argamassa com polímeros, com espessura entre 2,4 e 2,9 mm armado por rede de fibra de vidro (abertura de 5 x 5 mm<sup>2</sup>);
- Acabamento em revestimento plástico espesso (RPE) de espessura média de 1,3 mm.



## CAUSAS DA PATOLOGIA

A origem da fissuração nas juntas entre placas deve-se essencialmente à conjugação de duas características do material do isolamento térmico: rigidez e coeficiente de dilatação térmica linear associados a condições climáticas em serviço.

A temperatura superficial do revestimento e da face exterior do isolamento pode variar em cerca de 50°C, entre o verão e o inverno, e cerca de 25°C, num dia típico de verão. A face interior da placa de isolamento térmico tem uma temperatura quase estável. Atendendo a que o coeficiente de dilatação térmica linear dos plásticos alveolares é de  $7 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , isto é, cerca de 5 vezes superior ao do revestimento armado, as placas de isolamento térmico deformam e encurvam no sentido exterior, durante o dia, o que gera tensões e consequentemente as fissuras observadas. O facto da colagem não ser contínua e estar incorretamente aplicada agrava o fenómeno. Se as placas de isolamento térmico forem menos rígidas e a sua colagem for contínua minimizam-se a deformação e a fissuração.



## RECOMENDAÇÕES

Deve seleccionar-se o material de isolamento térmico de acordo com a solicitação climática a que está sujeito e impor uma colagem contínua em certas condições de aplicação.

**PALAVRAS-CHAVE** Parede Exterior, ETICS, Isolamento Térmico, Fissuração

**AUTORES** Eng.<sup>a</sup> Sara Stingl de Freitas / Prof. Vasco P. de Freitas / Eng.<sup>a</sup> Andreia Mota Miranda

## Parede exterior – Absorção da radiação solar do revestimento de cor cinza escuro FISSURAÇÃO ALEATÓRIA DO REBOCO DO SISTEMA ETICS

### DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

O revestimento exterior do edifício em análise apresenta empolamentos muito significativos da camada de acabamento do sistema ETICS e/ou fissuração nas fachadas orientadas a oeste e a sul, em correspondência com as juntas verticais e horizontais entre as placas de isolamento térmico, e que em algumas situações conduzem ao subsequente destacamento do revestimento final.



### SONDAGENS E MEDIDAS

As sondagens foram executadas numa zona que apresentava fissuração e empolamento da camada de acabamento do sistema ETICS.

O suporte é constituído por paredes de betão armado, sobre as quais foi aplicado um reboco hidráulico, por projeção, para regularização. A sondagem realizada permitiu confirmar que o sistema ETICS foi aplicado sobre um reboco, e que este não se apresentava fissurado na zona sondada.

A composição da fachada e do sistema ETICS é a seguinte:

- Placas de poliestireno expandido, com 80 mm de espessura;
- Camada de base, no interior da qual estavam inseridas duas redes de fibra de vidro com malha quadrada de aproximadamente  $5 \times 5$  mm<sup>2</sup>;
- Camada de acabamento de cor cinza escuro.



### CAUSAS DA PATOLOGIA

Este fenómeno é independente da natureza do isolamento térmico.

A temperatura obtida para a superfície exterior da parede depende do coeficiente de absorção solar  $\alpha_s$  (0,8 para a cor cinza escuro e 0,2 para a cor branca).

Num dia de verão, a temperatura superficial exterior do revestimento e da face exterior do isolamento é dada pela seguinte expressão:  $t_{se} \cong t_e + (\alpha_s \times R) / h_e$ , pelo que admitindo  $t_e = 40^\circ\text{C}$ ,  $\alpha_s = 0,8$ ,  $R = 800 \text{ W/m}^2$ ,  $h_e = 25 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ , se obtém uma temperatura superficial exterior de cerca de  $65^\circ\text{C}$  para as fachadas com maior exposição solar do edifício em estudo, orientadas a oeste e a sul.

Verifica-se assim que a contração/expansão da camada de isolamento térmico ( $\Delta L_1 = 4,5 \text{ mm}$ ) é superior à das camadas exteriores do sistema ETICS ( $\Delta L_2 = 0,8 \text{ mm}$ ), criando tensões tangenciais entre aqueles materiais, incompatíveis com a sua resistência. Este fenómeno é agravado pelo choque térmico que ocorre num dia de verão com precipitação.

### RECOMENDAÇÕES

Para a reparação das fachadas preconiza-se, desde que possível a remoção das camadas de base e de acabamento e aplicação de novas camadas de espessura idêntica.

Se não for possível a remoção das camadas de base e de acabamento sem danificar o isolamento térmico aconselha-se a completa demolição do sistema existente e aplicação de outro sistema ETICS.

A camada de base deverá ser aplicada com apenas uma armadura de fibra de vidro, e a camada de acabamento deverá ser preferencialmente de cor clara, ou com um valor de  $\alpha_s$  inferior a 0,5.

A colagem contínua do sistema ETICS ao suporte é recomendável quando o valor de  $\alpha_s$  é elevado.

Cor da superfície	$\alpha_s$
Branco	0,2 a 0,3
Amarelo, cor-de-laranja, vermelho claro	0,3 a 0,5
Vermelho escuro, verde-claro, azul-claro	0,5 a 0,7
Castanho, verde-escuro, azul-vivo, azul-escuro	0,7 a 0,9
Castanho-escuro, preto	0,9 a 1
Valores indicativos (DTU 26.1 P1-2, 2009)	

**PALAVRAS-CHAVE** Parede Exterior, ETICS, Fissuração, Coeficiente de absorção solar

**AUTORES** Prof. Vasco P. de Freitas / Eng.<sup>a</sup> Andreia Mota Miranda / Eng.<sup>o</sup> Pedro Gonçalves

## Parede exterior – Deficiente conceção: ausência de armadura em pontos singulares FISSURAÇÃO DO REBOCO DO SISTEMA ETICS NOS CANTOS DOS VÃOS

### DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

O sistema de isolamento térmico pelo exterior do tipo ETICS apresentava fissuração nos cantos dos vãos exteriores, com uma orientação de aproximadamente de 45 graus.



### SONDAGENS E MEDIDAS

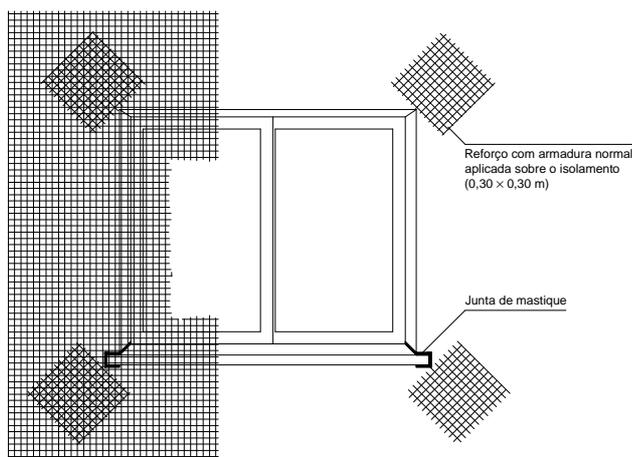
As paredes de fachada foram realizadas em alvenaria de tijolo vazado, rebocada pelo interior, e revestidas pelo exterior com um sistema de isolamento térmico constituído por reboco delgado armado sobre poliestireno expandido (ETICS).

De acordo com as peças desenhadas consultadas, a espessura das placas de isolamento é de 50 mm e não havia qualquer pormenorização que evidenciasse a armadura a aplicar nos ângulos, bem como a sua dobragem nas ombreiras e padieiras.

Foram realizadas sondagens nos pontos singulares do sistema ETICS, nomeadamente nos cantos dos vãos fissurados e verificou-se a inexistência de armadura de reforço.

### CAUSAS DA PATOLOGIA

A origem da fissuração do sistema deveu-se ao inadequado tratamento dos pontos singulares, nomeadamente à ausência de colocação de armadura de reforço nos cantos dos vãos.



### RECOMENDAÇÕES

A reparação proposta implica a substituição do sistema no painel de fachada com esta patologia. Deverão ser realizadas as seguintes operações:

- Remover o sistema no painel a tratar;
- Limpar o suporte e eliminar todos os resíduos do produto de colagem;
- Regularizar o suporte;
- Colar o isolamento térmico, preferencialmente de forma contínua;
- Aplicar a primeira camada de reboco e colar a armadura, como se evidencia na figura;
- Reforçar os cantos dos vãos com faixas de armadura com 0,3x0,3 m<sup>2</sup> coladas sobre as placas de isolamento;
- Aplicar a segunda camada de reboco de forma a revestir totalmente as armaduras;
- Após secagem aplicar o primário e o revestimento final.

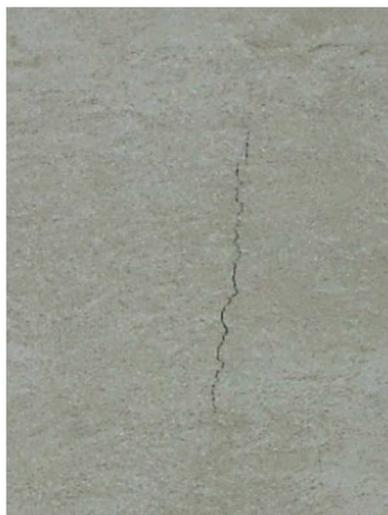
**PALAVRAS-CHAVE** Parede Exterior, ETICS, Fissuração, Pontos singulares

**AUTORES** Prof. Vasco P. de Freitas / Eng.<sup>a</sup> Andreia Mota Miranda / Eng.<sup>o</sup> Pedro Gonçalves

## Parede exterior – Deficiente conceção: reduzida espessura do revestimento FISSURAÇÃO PONTUAL DO REBOCO DO SISTEMA ETICS

### DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

Observou-se a fissuração de carácter aleatório no revestimento do sistema ETICS, embora se pudesse definir uma fissuração vertical e igualmente espaçada.



### SONDAGENS E MEDIDAS

Foi realizada uma sondagem numa das fachadas revestidas com ETICS para identificar as camadas efetivamente aplicadas. Nas zonas onde foram feitas as sondagens, o suporte em betão não estava fissurado.

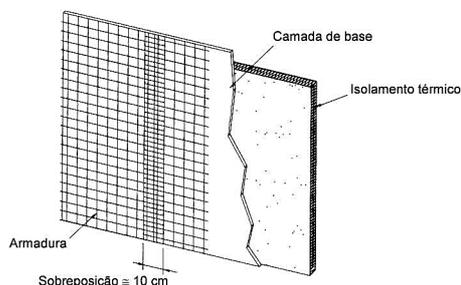
O sistema aplicado tinha a seguinte constituição:

- Isolamento térmico constituído por placas de poliestireno expandido com 30 mm de espessura;
- Reboco delgado e revestimento final com espessura variável entre 1,5 e 2,5 mm.



### CAUSAS DA PATOLOGIA

A causa da fissuração observada resulta da aplicação do reboco com uma espessura muito reduzida e/ou de uma sobreposição insuficiente da rede de fibra de vidro numa zona de emenda. Embora o sistema de revestimento previsto em projeto corresponda essencialmente ao descrito nos documentos de aplicação do produto e disponha de uma ETA<sup>(1)</sup>, o que garante a sua adequação ao uso, deve referir-se que os documentos citados não referem claramente qual a espessura mínima da camada base, que deve ser de 3 mm. A aplicação do reboco delgado deverá conduzir, por isso, a espessuras totais de cerca de 4 a 5 mm. Por outro lado, a não sobreposição de camadas sucessivas de armadura da ordem de 10 cm aumenta o risco de fissuração.



(1) ETAG nº 004 - Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with rendering.

### RECOMENDAÇÕES

O tratamento a aplicar nas superfícies com revestimento ETICS degradado deverá seguir o seguinte procedimento:

- Selecionar os painéis a tratar;
- Demolir o sistema;
- Limpar o suporte e regularizá-lo, se necessário;
- Colar as placas de isolamento, preferencialmente de forma contínua, com uma argamassa de colagem do sistema;
- Aplicar a primeira camada de reboco e colocar a armadura, com a argamassa ainda fresca, assegurando a sobreposição de 10 cm entre fiadas sucessivas de armadura;
- Aplicar a segunda camada de reboco de forma a revestir totalmente as armaduras;
- Após secagem, aplicar o primário e o revestimento final, preferencialmente um revestimento plástico espesso, RPE, como acabamento.

NOTA: Garantir a espessura mínima do reboco armado e respetivo revestimento.

**PALAVRAS-CHAVE** Parede Exterior, ETICS, Fissuração, Espessura mínima, Reboco

**AUTORES** Prof. Vasco P. de Freitas / Eng.<sup>a</sup> Andreia Mota Miranda / Eng.<sup>o</sup> Pedro Gonçalves



Parede exterior – Choque / vandalismo

## PERFURAÇÃO PONTUAL DO SISTEMA ETICS EM ZONAS ACESSÍVEIS

### DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

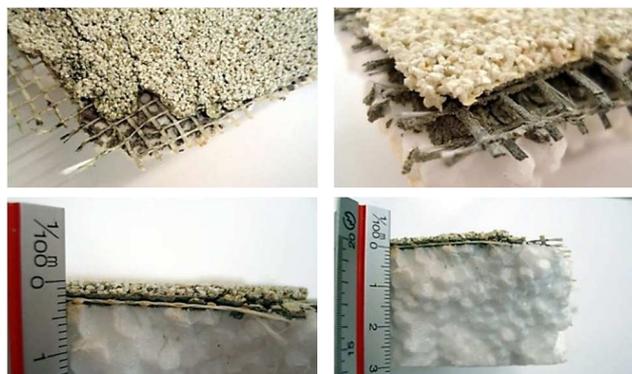
O sistema de isolamento térmico pelo exterior – ETICS – apresentava perfuração pontual em zonas acessíveis, por acidente ou vandalismo, como evidenciam as figuras seguintes.



### SONDAGENS E MEDIDAS

Foi realizada uma sondagem em zona acessível, tendo-se comprovado que foi utilizada dupla camada de armadura no revestimento (uma armadura com 160 g/cm<sup>2</sup> e uma armadura de reforço com 600 g/m<sup>2</sup>).

A partir das amostras recolhidas foi possível obter as espessuras médias das camadas que compõem o sistema de isolamento térmico em análise. Verificou-se que o revestimento final apresenta uma espessura total de cerca de 3 mm e que a primeira armadura, a mais fina, foi aplicada diretamente sobre o isolamento térmico antes da colocação da primeira camada de revestimento.



### CAUSAS DA PATOLOGIA

A patologia observada deve-se a atos de vandalismo causados pelos utilizadores. No entanto, ao nível do R/C existiam patologias cuja causa poderia ser um choque fortuito. A aplicação deste tipo de sistemas não é recomendável para zonas muito expostas ao choque, tal como os pisos térreos de edifícios públicos, uma vez que a sua resistência mecânica ao choque é significativamente inferior à dos revestimentos tradicionais.

Soluções que permitam minimizar a exposição das fachadas ao choque, prevendo, por exemplo, outros revestimentos seria o mais adequado.

A aplicação de armadura de reforço exige uma maior espessura do revestimento que neste caso não foi respeitada.

### RECOMENDAÇÕES

Embora os documentos técnicos prevejam a colocação do sistema ETICS em zona de choque, desde que se utilize a dupla armadura, não é recomendável esta opção.

Devem ser estudadas soluções arquitetónicas que permitam a utilização de técnicas de isolamento térmico pelo exterior resistentes ao choque, nas zonas acessíveis.

O pormenor da ligação entre o sistema ETICS e a solução de fachada em zona acessível deve ser detalhado em projeto.

Apenas se recomenda o sistema ETICS com dupla armadura em zonas de choque quando se tratam de moradias cujas fachadas não tenham contacto direto com zonas públicas.

**PALAVRAS-CHAVE** Parede Exterior, ETICS, Fissuração, Espessura mínima, Reboco

**AUTORES** Prof. Vasco P. de Freitas / Eng.<sup>a</sup> Andreia Mota Miranda / Eng.<sup>o</sup> Pedro Gonçalves



## Parede exterior – Deficiente conceção: colagem de revestimento cerâmico sobre ETICS QUEDA E DESCOLAGEM DE LADRILHOS CERÂMICOS APLICADOS SOBRE ETICS

### DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

As fachadas com revestimento em ladrilhos cerâmicos sobre ETICS apresentavam as seguintes patologias:

- Queda de ladrilhos cerâmicos, sobretudo nas paredes orientadas a sul;
- Descolagem e empolamento dos ladrilhos cerâmicos;
- Fissuração e degradação do barramento armado;
- Degradação do material de preenchimento das juntas entre ladrilhos;
- Manchas e escorrências em algumas superfícies revestidas com ladrilhos cerâmicos.



### SONDAGENS E MEDIDAS

De acordo com informação recolhida e sondagens efetuadas, a constituição das paredes exteriores, nas áreas revestidas com ladrilhos cerâmicos, é a seguinte:

- Revestimento interior;
- Parede de alvenaria de tijolo vazado com 0,20 m de espessura ou em betão;
- Reboco de regularização hidrofugado;
- Sistema de isolamento térmico pelo exterior (ETICS) sem camada de acabamento;
- Revestimento final constituído por ladrilhos cerâmicos colados com cimento-cola sobre a camada de base armada do ETICS. Os ladrilhos aplicados têm 20 x 20 cm<sup>2</sup> e diversas cores, sendo o "azul cobalto" a cor dominante. De acordo com informação do fabricante, os ladrilhos pertencem ao grupo BI (ladrilhos prensados a seco), com absorção de água (E) de cerca de 1,5%.
- As juntas entre ladrilhos foram preenchidas com argamassa de cor branca e a espessura é de 3 a 5 mm. De acordo com informação do fabricante, tem um módulo de elasticidade de 9700 MPa. Não foram identificadas quaisquer juntas periféricas ou intermédias nos painéis revestidos a ladrilhos cerâmicos.

### CAUSAS DA PATOLOGIA

Tendo em atenção a complexidade do processo construtivo é difícil seleccionar uma única causa das patologias em estudo, podendo considerar-se diversos fatores determinantes para o comportamento dos revestimentos cerâmicos das fachadas, que, isoladamente ou conjugados, poderão ter contribuído para a sua descolagem:

- Solicitação higrotérmica e variação dimensional dos ladrilhos;
- Dimensão, características e configuração das juntas do revestimento cerâmico;
- Características do produto de colagem dos ladrilhos cerâmicos.

Os sistemas de isolamento térmico de fachadas pelo exterior, constituídos por reboco delgado armado sobre poliestireno não devem ser utilizados como suporte de revestimentos cerâmicos, exceto em condições muito específicas, pois geram-se tensões termomecânicas no sistema que são incompatíveis com as características dos materiais.

A expansão térmica reversível e a expansão hídrica irreversível dos ladrilhos, o elevado módulo de elasticidade do produto de tomação das juntas, a inexistência de juntas elásticas e ainda a cor dos ladrilhos utilizados fundamentam a intensidade da patologia observada.

### RECOMENDAÇÕES

A metodologia para a reparação da patologia deve ter em consideração o seguinte:

- Remoção dos ladrilhos cerâmicos e do ETICS;
- Realização de uma camada de enchimento com armadura metálica, com tratamento anti-corrosivo, fixa mecanicamente ao suporte. As características da argamassa de enchimento e da respetiva armadura deverão ser especificadas convenientemente em projeto;
- Realização das juntas de construção necessárias (periféricas e intermédias);
- Recolocação dos ladrilhos cerâmicos utilizando um cimento-cola de classe mínima C2;
- Preenchimento das juntas entre ladrilhos de espessura não inferior a 4 mm (a este valor deve ser adicionada a tolerância dimensional dos ladrilhos) cujo módulo de elasticidade do produto seja não superior a 8000 MPa.

A metodologia de reparação não garante o isolamento térmico do envolvente do edifício. Em situações em que seja exigido, recomenda-se a aplicação de um sistema de isolamento térmico pelo interior, com resistência térmica não inferior à que foi aplicada nas fachadas.

**PALAVRAS-CHAVE** Parede Exterior, ETICS, Descolagem, Cerâmicos

**AUTORES** Prof. Vasco P. de Freitas / Eng.<sup>a</sup> Andreia Mota Miranda / Eng.<sup>o</sup> Pedro Gonçalves



## Parede exterior – Retração da argamassa

### FISSURAÇÃO ALEATÓRIA E DESTACAMENTO DO REBOCO DO SISTEMA ETICS

#### DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

Fissuração da camada de base do sistema ETICS, sem orientação definida, aplicada sobre painéis de lã mineral.



#### SONDAGENS E MEDIDAS

Foram realizadas sondagens nas fachadas mais expostas.

Verificou-se que o suporte é constituído por alvenaria de blocos de betão leve com argila expandida (250 mm de espessura) ou de blocos de betão normal. O suporte não foi regularizado.

O sistema ETICS tem a seguinte composição em zona corrente:

- Painéis de lã de rocha, com espessura de 60 mm (densidade nominal entre 140 kg/m<sup>3</sup> e 150 kg/m<sup>3</sup>);
- Camada de base, com espessura entre 3 e 7 mm, realizada com argamassa armada com uma rede de fibra de vidro de massa superficial de 155 g/m<sup>2</sup>;
- Primário da camada de acabamento;
- Camada de acabamento final.

O módulo de elasticidade dinâmico médio da argamassa da camada de base é de 14 531 MPa (NP EN 14146:2006).

O sistema ETICS foi fixado por colagem do isolamento ao suporte e foram colocadas fixações mecânicas complementares.



#### CAUSAS DA PATOLOGIA

A fissuração da camada de base do sistema ETICS tem as seguintes causas:

- Retração da argamassa da camada de base, elevado módulo de elasticidade e espessura com que foi aplicada (causa fundamental). No Guia de Aprovação Técnica "ETAG 004 – External Thermal Insulation Composite Systems with rendering" é apresentado o critério  $E \times d < 50000 \text{ N/mm}$ , em que E é o módulo de elasticidade da camada de base sem armadura (N/mm<sup>2</sup>) e d é a espessura da camada de base (mm). A argamassa aplicada apenas satisfaz o critério do ETAG 004 para espessuras da camada de base inferiores a 3,4 mm;
- Variações significativas da espessura da camada de base, com zonas de espessura muito elevada (causa muito relevante);
- Mau posicionamento da armadura na espessura da camada de base (causa muito relevante);
- Instabilidade do sistema devido à inadequada fixação do isolamento térmico ao suporte (causa de segunda ordem). O número das fixações mecânicas que foram aplicadas em cada painel de lã mineral é inferior ao recomendado nos documentos de aplicação dos sistemas. A distribuição adotada para as fixações também não corresponde à que é prevista nos documentos de aplicação.

#### RECOMENDAÇÕES

Remoção integral do sistema ETICS existente e aplicação de um novo sistema seguindo a seguinte metodologia:

- Desmontagem dos tubos de queda existentes na área de intervenção, garantindo a evacuação das águas pluviais durante os trabalhos;
- Remoção de outros elementos fixos à fachada;
- Remoção de todo o sistema de isolamento térmico existente;
- Limpeza e regularização do suporte, eliminando as partículas desagregadas;
- O suporte deverá apresentar uma superfície plana, sem irregularidades significativas ou desníveis superiores a 5 mm sob uma régua de 1 m, pelo que é necessário realizar uma camada de regularização;
- Realização de ensaios de aderência da cola do ETICS após preparação do suporte, com 2 séries de 5 provetes colocados sobre diferentes superfícies que sejam representativas do suporte. As pastilhas metálicas deverão ser coladas sobre bandas de cola com 10 cm x 50 cm (larg. x comp.) e 0,5 cm de espessura. O arrancamento não deve ocorrer pelo plano de colagem em mais de 50% dos provetes e quando ocorrer, o valor de resistência não deverá ser inferior a 0,5 MPa;
- Aplicação de um sistema de isolamento térmico pelo exterior constituído por reboco delgado armado, ETICS;
- Tratamento dos pontos singulares com base numa pormenorização exaustiva.

PALAVRAS-CHAVE Parede Exterior, ETICS, Retração, Argamassa

AUTORES Prof. Vasco P. de Freitas / Eng.<sup>a</sup> Andreia Mota Miranda / Eng.<sup>o</sup> Pedro Gonçalves



## Parede exterior – Deficiente conceção: aplicação de revestimento cerâmico sobre ETICS HUMIDADE NA BASE DA PAREDE DE FACHADA

### DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

Aparecimento de humidade na base da parede exterior, na sua face interna, junto à laje e consequentemente levantamento do revestimento do pavimento interior em madeira. Este fenómeno não ocorre nas fachadas em que não foi aplicado o revestimento cerâmico.



### SONDAGENS E MEDIDAS

Foi efetuada uma sondagem na base da fachada, junto ao passeio para avaliar a sua constituição. A fachada é constituída por uma parede simples de tijolo vazado, sobre a qual foi aplicado um sistema de isolamento térmico pelo exterior, do tipo reboco delgado armado sobre poliestireno expandido. Foi executado um revestimento cerâmico sobre o sistema, numa banda com cerca de 1 m de altura, em algumas das fachadas.

Quando se retiraram amostras do sistema de isolamento da parede verificou-se que só o reboco e o isolamento que estava por baixo da cerâmica estavam húmidos. Nas fachadas sem revestimento cerâmico não isso não ocorria.

Procedeu-se à medição do teor de humidade do revestimento do pavimento, junto às fachadas com revestimento cerâmico, tendo-se obtido valores superiores a 18% nalgumas zonas medidas. Nos pavimentos adjacentes às fachadas sem revestimento cerâmico, o teor de humidade do pavimento em madeira era adequado.

O sistema ETICS foi aplicado sobre paredes de alvenaria que estavam saturadas e sem qualquer perfil de arranque.

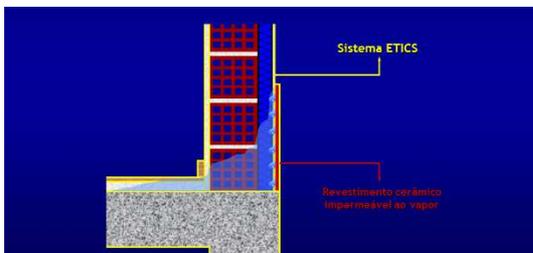
### CAUSAS DA PATOLOGIA

A análise dos valores do teor de humidade dos pavimentos permitiu concluir que a degradação da madeira ocorreu junto às fachadas em que o sistema ETICS foi revestido por elementos cerâmicos. Nas fachadas sem o revestimento cerâmico sobre o sistema não se observou qualquer problema.

As causas da patologia são as seguintes:

- A difusão de vapor dá-se no sentido do exterior;
- O revestimento cerâmico é impermeável ao vapor
- Ocorrem condensações na interface ETICS cerâmica durante o processo de secagem da humidade de construção;
- A água condensada humidifica a base da parede e provoca variação dimensional na madeira.

Refira-se que este fenómeno ocorreu numa fase de secagem da humidade de construção.



### RECOMENDAÇÕES

Do ponto de vista da conceção e da execução da fachada nem a aplicação do revestimento cerâmico, nem o contacto do sistema com o terreno é adequado.

Não se deve aplicar sistemas do tipo ETICS quando o suporte apresenta um elevado teor de humidade, bem como não se deve colocar um revestimento impermeável ao vapor sobre o sistema. Por outro lado, é fundamental a colocação de um perfil de arranque do sistema.

PALAVRAS-CHAVE Parede Exterior, ETICS, Descolagem, Cerâmicos

AUTORES Prof. Vasco P. de Freitas / Eng.<sup>a</sup> Andreia Moça Miranda / Eng.<sup>o</sup> Paulo Pinto

## Parede exterior – Deficiente conceção e/ou execução da ligação do ETICS com as caixilharias OCORRÊNCIA DE INFILTRAÇÕES

### DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

As patologias em estudo consistem na manifestação de humidade no interior das habitações proveniente de infiltrações pela envolvente de diversos vãos envidraçados das fachadas.



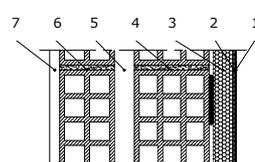
### SONDAGENS E MEDIDAS

As paredes exteriores em zona corrente são constituídas por revestimento interior à base de gesso, alvenaria dupla de tijolo, com caixa de ar entre panos, e sistema ETICS.

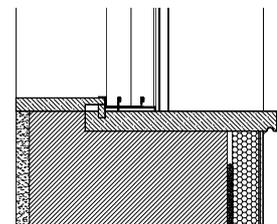
As sondagens efetuadas permitiram confirmar a composição do sistema ETICS:

- Placas de poliestireno expandido (EPS) com 0,04 m de espessura, coladas por pontos;
- Reboco armado com espessura inferior a 4 mm;
- Armadura com malha quadrada com 5 × 5 mm<sup>2</sup>;
- Revestimento final.

A geometria das duas peças planas, ligeiramente sobrepostas, constituintes dos peitoris e soleiras, encontra-se ilustrada na figura seguinte. As ombreiras e as padieiras têm uma configuração análoga.



1, 2 e 3 – Sistema ETICS  
4, 5 e 6 – Parede dupla de tijolo  
7 – Revestimento interior



### CAUSAS DA PATOLOGIA

As causas prováveis da presença de humidade na zona envolvente dos vãos são:

- A deficiente ligação caixilharia/fachada;
- A configuração das padieiras, ombreiras ou peitoris.

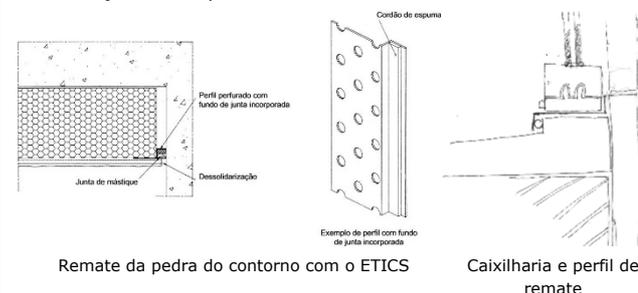
A masticagem da ligação entre a caixilharia e a fachada não foi realizada de uma forma adequada e encontra-se degradada. A eficácia da masticagem é sempre reduzida e exige um plano de manutenção periódica, que não foi implementado nos 15 anos de vida útil do edifício.

Por outro lado, não é possível estabelecer uma ligação direta entre a pedra calcária e o sistema ETICS.

### RECOMENDAÇÕES

Complementarmente à verificação de que a caixilharia satisfaz todas as exigências de estanquidade é necessário realizar um tratamento de correção da solução existente para minorar o problema. A correção dos remates da caixilharia com o contorno do vão exige:

- Desmontagem de caixilharia;
- Correção das ombreiras para que a masticagem entre a caixilharia e a ombreira seja realizada entre superfícies paralelas. Poderá ser necessário criar um redente nas paredes;
- Nas ligações do sistema ETICS com as caixilharias deverá existir uma folga com cerca de 5 mm, para realização da masticagem;
- Execução de um peitoril metálico com abas laterais.



**PALAVRAS-CHAVE** Parede Exterior, ETICS, Fissuração, Pontos singulares, Caixilharia

**AUTORES** Prof. Vasco P. de Freitas / Eng.<sup>a</sup> Andreia Mota Miranda / Eng.<sup>a</sup> Marília Sousa



## Parede exterior – Deficiente conceção ou execução: tratamento das juntas de dilatação DETERIORAÇÃO DO TRATAMENTO DAS JUNTAS DE DILATAÇÃO

### DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

Deterioração do tratamento das juntas verticais de dilatação estrutural, bem como manchas e fissuração nas superfícies adjacentes.



### SONDAGENS E MEDIDAS

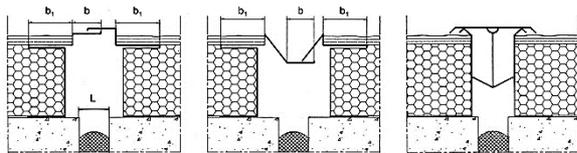
A inspeção visual das fachadas permitiu observar que o tratamento das juntas do sistema ETICS não coincide com as juntas verticais de dilatação estrutural do edifício, isto é, o sistema ETICS tem continuidade sobre a junta de dilatação estrutural.

Noutras juntas foi apenas aplicado um cordão de polietileno, posteriormente pintado.

Há ainda juntas em que se criou um corte, cuja largura é reduzida, tendo sido preenchidas com mástique.

### CAUSAS DA PATOLOGIA

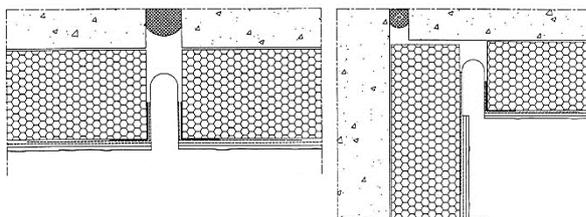
Os problemas observados nas juntas verticais de dilatação estrutural decorrem de um incorreto tratamento destas juntas, que deveria incluir perfis adequados.



Junta de dilatação estrutural com perfil cobre-juntas (corte horizontal)

Superfície plana

Cunhal interior



Junta de dilatação estrutural sem perfil cobre-juntas (corte horizontal)

### RECOMENDAÇÕES

A reparação e tratamento da junta de dilatação pressupõe a realização das seguintes operações:

- Limpar a junta de dilatação, removendo a camada de acabamento do sistema, o cordão de espuma de polietileno, o mástique, etc.;
- Delimitar uma faixa adjacente à junta que inclua as zonas do sistema degradadas;
- Cortar o reboco e o isolamento térmico e remover todas as camadas do sistema até ao suporte, assegurando a possibilidade de sobrepor a velha e a nova armadura;
- Aplicar o cordão de espuma de polietileno;
- Executar um dos pormenores apresentados nesta ficha de patologia.

NOTA: De uma forma geral, este tratamento parcial implica uma alteração da textura e a não uniformidade do aspeto da fachada.

PALAVRAS-CHAVE Parede Exterior, ETICS, Pontos singulares, Junta de dilatação

AUTORES Prof. Vasco P. de Freitas / Eng.<sup>a</sup> Andreia Mota Miranda



## Cobertura – Deficiente conceção: sistema ETICS em superfície horizontal FISSURAÇÃO, MANCHAS E INFILTRAÇÕES

### DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

Degradação do sistema ETICS em superfícies horizontais. Detetaram-se as seguintes patologias:

- Fissuração da camada de acabamento do sistema ETICS da cobertura associada a manchas/escorrências de cor branca, correspondentes, na generalidade, às juntas entre as placas de isolamento;
- Perfurações pontuais e destacamento da camada base, sendo visível a armadura e o isolamento térmico da cobertura;
- Existência de bolhas na camada final do revestimento do sistema em superfície horizontal;
- Escorrências e infiltrações no topo de laje de cobertura e no teto envolvente da galeria.



### SONDAGENS E MEDIDAS

Foram realizadas duas sondagens, uma na cobertura e outra no teto da galeria.

O suporte era constituído por laje em betão, betonilha de espessura variável, camada de regularização e impermeabilização com uma argamassa cimentícia bicomponente elástica armada. Sobre a impermeabilização foi aplicado um sistema ETICS.

A sondagem realizada na cobertura, evidenciou o seguinte:

- O revestimento final e a camada de acabamento encontravam-se aderentes ao isolamento térmico (EPS);
- Foi aplicado um isolamento térmico do tipo EPS com 6 cm de espessura. Esta camada encontrava-se saturada de água;
- O suporte sob a camada de EPS encontrava-se aparentemente "seco";
- O revestimento de impermeabilização aplicado sobre o suporte é dotado de armadura de fibra de vidro.

A sondagem realizada no teto da galeria exterior evidenciou o seguinte:

- A camada de EPS não se encontra colada ao suporte, existindo um pequeno espaço de ar;
- O EPS encontrava-se húmido, na interface com acabamento;
- A camada de acabamento inclui rede de fibra de vidro

### CAUSAS DA PATOLOGIA

Considera-se que as patologias observadas no sistema ETICS aplicado na cobertura horizontal resultam do deficiente comportamento deste sistema, tendo em atenção que não é adequada a sua aplicação em superfícies horizontais. De acordo com as recomendações de conceção e execução dos sistemas ETICS, de que se salienta o CAHIER 3035 do CSTB: "Systèmes d'isolation thermique extérieure avec enduit mince sur polystyrène expansé", e a própria ETA do sistema aplicado, a aplicação de ETICS em superfícies horizontais só é admissível em casos em que estes elementos se encontrem protegidos da ação da chuva.

A perfuração pontual do ETICS da cobertura foi causada pela queda de granizo.

As fissurações do sistema é inevitável pela conjugação de uma área elevada, da cor escura e da solicitação climática.

As bolhas justificam-se pela reduzida permeabilidade ao vapor da camada complementar de acabamento final que teria como objetivo aumentar a impermeabilização. No entanto, após a fissuração do revestimento final e conseqüente infiltração de água, não se permite a secagem.

### RECOMENDAÇÕES

Terá de se proceder à remoção e substituição do sistema ETICS, devendo ser adotado um outro sistema de impermeabilização e revestimento. Deverão ser realizadas as seguintes operações:

- Remoção do sistema ETICS existente e aplicação de uma barreira pára-vapor;
- Aplicação de camada de isolamento térmico;
- Aplicação de outro sistema de impermeabilização e revestimento final.

O remate com os pontos singulares terá de ser estudado e pormenorizado, nomeadamente o sistema de drenagem de águas pluviais, os remates com as fachadas, elementos emergentes, etc.

**PALAVRAS-CHAVE** Cobertura, ETICS, Fissuração, Perfuração, Infiltração, Bolhas

**AUTORES** Prof. Vasco P. de Freitas / Eng.<sup>a</sup> Marília Sousa / Eng.<sup>a</sup> Andreia Mota Miranda

## Parede Exterior – Deficiente Conceção e Aplicação do Revestimento

### FISSURAÇÃO DO REBOCO DELGADO DO SISTEMA ETICS DE REVESTIMENTO DA FACHADA DE UM EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO

#### DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

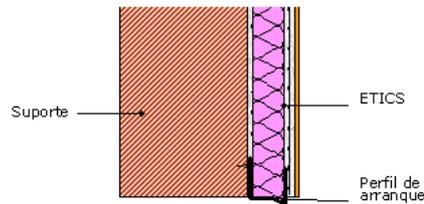
O reboco delgado do sistema de isolamento térmico pelo exterior do tipo ETICS aplicado na fachada de um edifício de habitação apresentava fissuração em correspondência com as juntas entre perfis de arranque e entre estes perfis e o suporte.



#### SONDAGENS E MEDIDAS

Realizaram-se sondagens para analisar a configuração do sistema ETICS na zona de arranque, tendo-se verificado que:

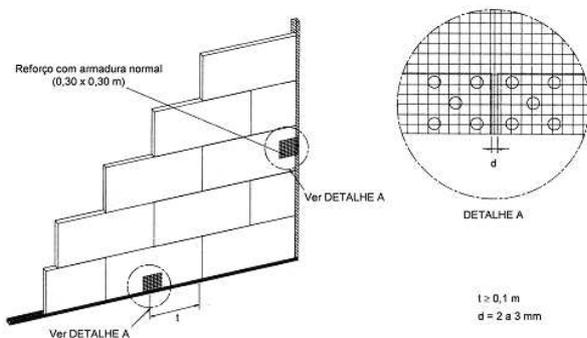
- Os perfis de arranque do sistema encontravam-se fixos mecanicamente ao topo da laje em consola;
- Eram constituídos por elementos em aço inoxidável;
- Encontravam-se colocados topo a topo, não existindo folgas na junta entre perfis.



#### CAUSAS DA PATOLOGIA

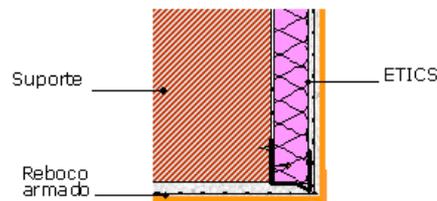
A fissuração do reboco delgado do sistema ETICS deveu-se principalmente:

- À deficiente execução das juntas entre perfis;
- Ao deficiente remate do reboco armado na base do corpo em consola.



#### RECOMENDAÇÕES

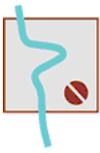
Para tratamento da patologia observada seria necessário proceder à correção do remate do reboco na ligação entre o perfil de arranque do sistema ETICS e a base do corpo em consola. Preferencialmente, o reboco armado deveria contornar o perfil (ver figura).



**PALAVRAS-CHAVE** Parede Exterior, ETICS, Fissuração do Reboco Delgado, Deficiente Conceção e Aplicação do Revestimento, Perfil do Arranque

**AUTORES** Prof. Vasco Freitas / Eng.ª Marília Sousa

**REVISOR** Prof.ª Helena Corvacho



## Parede Exterior – Deficiente conceção e aplicação do revestimento

## MANCHAS ASSOCIADAS AO DESENVOLVIMENTO DE MICROORGANISMOS NO SISTEMA ETICS

## DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

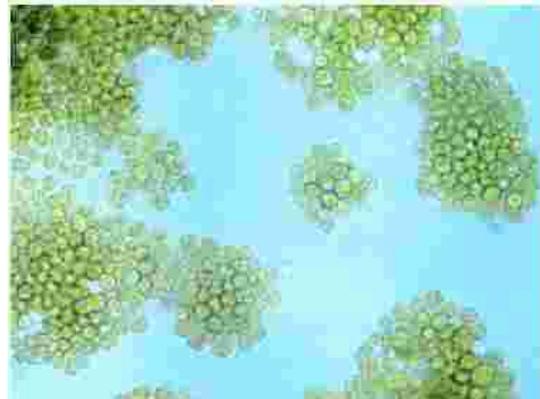
O sistema de isolamento térmico do tipo ETICS aplicado nas fachadas de um edifícios de habitação coletiva apresentava manchas associadas ao desenvolvimento de microorganismos (algas, fungos e líquenes). O fenómeno verificava-se com maior intensidade nas fachadas do edifício voltadas a norte e oeste.



## SONDAGENS E MEDIDAS

Realizaram-se ensaios, tendo-se verificado que as algas eram autotróficas, ou seja, produziam o alimento de que necessitavam. O carbono celular era produzido em fotossíntese com a luz, utilizando o dióxido de carbono do ar ou da água.

Note-se que as algas não destruíam o suporte por não extraírem dele nenhuma substância nutritiva. Além disso, ao contrário de outros organismos, não possuíam raízes de modo a penetrarem no suporte.



## CAUSAS DA PATOLOGIA

O desenvolvimento de microorganismos, tais como algas, fungos e líquenes, sobre as fachadas com revestimento em ETICS, apenas ocorre quando se verifica a presença de água em quantidade significativa e períodos prolongados. A presença de vegetação próxima e a textura do revestimento são também condicionantes.

Tal como é corrente em edifícios com sistemas ETICS, verificou-se uma maior colonização destes microorganismos em fachadas orientadas a Norte ou a Poente, onde existia humidade em quantidade suficiente, resultante quer do fenómeno de condensação na superfície exterior, que poderá ocorrer durante o período noturno e cuja secagem é mais difícil (Norte e Poente), quer das escorrências que ocorreram ao longo da fachada.

Caso tivesse sido aplicado um produto algicida e fungicida sobre o revestimento final (ou mesmo incorporado neste) poderia ter sido minorado o desenvolvimento dos microorganismos.

O risco de desenvolvimento de microorganismos poderia ter sido parcialmente reduzido através de opções arquitetónicas ou de pormenorização construtiva que permitissem diminuir a quantidade de água que escorria ao longo das fachadas.

Por exemplo, a configuração dos peitoris não era a mais adequada por permitir que ocorressem escorrências laterais, bem como os capeamentos não apresentavam uma inclinação para o interior, permitindo a ocorrência de escorrências na fachada.

## RECOMENDAÇÕES

Para eliminação das manchas e correção do pormenor de remate das platibandas com o sistema propõe-se:

- Desmontagem do remate das platibandas existente;
- Limpar a superfície do revestimento existente, utilizando água a baixa pressão, para eliminar poeiras e outras partículas;
- Humedecer a superfície e lavar o revestimento com escovas;
- Enxaguar com água limpa a baixa pressão para remover as partículas libertadas durante o tempo estritamente necessário para limitar a entrada de humidade no sistema;
- A aplicação de um produto algicida e fungicida sobre o revestimento seria vantajosa, no entanto, esta solução tem uma durabilidade limitada (5-7 anos), sendo essencial a sua manutenção.
- O capeamento em zinco deverá apresentar uma espessura de 0,80 mm (nº14) e inclinação mínima de 5% para o interior;
- No topo das platibandas deverão ser fixadas mecanicamente presilhas, convenientemente espaçadas, sobre as quais se irá fixar o capeamento em zinco, por "clipagem". Atendendo à forte dilatação linear do zinco deverão ser previstas juntas de dilatação espaçadas de 6,0 m;
- As presilhas poderão ser em zinco ou aço galvanizado, devendo no caso de serem em aço galvanizado, ter um revestimento mínimo em zinco correspondente à designação Z 350 (de acordo com a NF A 36321);
- As soldaduras deverão ser feitas com uma liga de estanho e chumbo contendo, no mínimo, 28% do peso em estanho.

**PALAVRAS-CHAVE** Parede Exterior, ETICS, Manchas no Revestimento, Deficiente Conceção e Aplicação do Revestimento, Pormenorização Construtiva, Biocidas

**AUTORES** Prof. Vasco Freitas / Eng.ª Marília Sousa

**REVISOR** Prof.ª Helena Corvacho

## Parede Exterior – Instabilidade do Suporte

### FISSURAÇÃO E DESTACAMENTO DO REBOCO DELGADO DO SISTEMA ETICS DA FACHADA DE UM EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO

#### DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

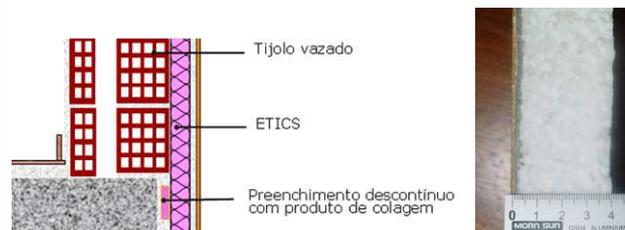
O reboco delgado do sistema de isolamento térmico pelo exterior do tipo ETICS aplicado na fachada de um edifício de habitação apresentava-se fissurado, tendo ocorrido o seu destacamento pontual.



#### SONDAGENS E MEDIDAS

Realizaram-se sondagens para analisar a configuração do sistema ETICS e da fachada, tendo-se verificado que:

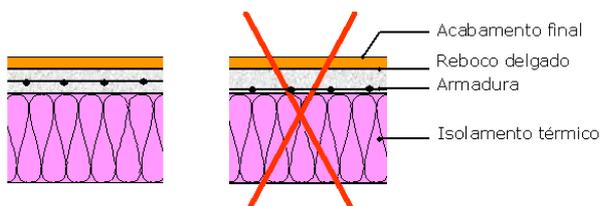
- As paredes exteriores eram duplas em alvenaria de tijolo vazado (0,15 m + 0,07 m), com caixa de ar intermédia (0,04 m);
- O pano exterior da parede encontrava-se parcialmente apoiado sobre a laje, existindo um espaço de ar entre o isolamento térmico e o topo das lajes;
- O produto de colagem do ETICS foi aplicado diretamente sobre o suporte, apresentando diferentes espessuras, nomeadamente no topo das lajes;
- O reboco delgado apresentava uma espessura inferior a 2 mm e a armadura encontrava-se em contacto direto com as placas de isolamento.



#### CAUSAS DA PATOLOGIA

A fissuração do reboco delgado do sistema de isolamento térmico pelo exterior do tipo ETICS teve origem nos seguintes fatores:

- Instabilidade do suporte e desnível existente entre o paramento exterior das alvenarias e os elementos estruturais (topo das lajes) que gerou uma deficiente colagem do isolamento térmico ao suporte;
- Espessura do reboco insuficiente;
- Posicionamento errado da armadura relativamente à espessura do reboco.



#### RECOMENDAÇÕES

Para tratamento da patologia recomenda-se:

- Preenchimento parcial do espaço de ar existente entre o isolamento térmico e o paramento exterior das lajes;
- Aplicação de um novo sistema ETICS;
- Aplicação de revestimento armado sobre isolamento térmico (camada de base), em duas camadas com armadura entre elas. As armaduras deverão ser de fibra de vidro (tecidas ou termo-coladas) com tratamento de proteção anti-alcalino;
- Aplicação de primário;
- Aplicação de um revestimento plástico espesso (RPE).

**PALAVRAS-CHAVE** Parede Exterior, Tijolo Vazado, ETICS, Fissuração e Destacamento do Reboco Delgado, Instabilidade do Suporte, Estabilidade do Suporte

**AUTORES** Prof. Vasco Freitas / Eng.ª Marília Sousa

**REVISOR** Profª Helena Corvacho

## 5 BIBLIOGRAFIA

- [1] Vasco P. de Freitas et al. (2011) *Manual de dimensionamento e aplicação de sistemas de isolamento térmico pelo exterior do tipo ETICS*. Relatório HT 419R/11.
- [2] European Organisation for Technical Approvals (EOTA) (2000) *Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with rendering. ETAG n° 004*. Brussels. EOTA.
- [3] Centre Scientifique et Technique du Batiment (CSTB) (1998) *Systèmes d'isolation thermique extérieure avec enduit mince sur polystyrène expansé - Cahier des prescriptions techniques d'emploi et de mise en oeuvre*. Cahier du CSTB 3035. Paris. CSTB.
- [4] European Association for External Thermal Insulation Composite Systems (EAE) (2011) *European Guideline for the Application of ETICS*. Baden-Baden. EAE ([www.ea-etics.com](http://www.ea-etics.com))
- [5] Portaria n.º 1532/2008 de 29 de Dezembro que aprova o Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndio em Edifícios (SCIE). Ministério da Administração Interna do Governo de Portugal

Autores:

Vasco Peixoto de Freitas

Professor Catedrático

Diretor do Laboratório de Física das Construções

Andreia Mota Miranda

Engenheira Civil

Colaboradora do Laboratório de Física das Construções

Este trabalho contou ainda com a colaboração de: Eng.º Pedro Gonçalves, Eng.ª Sara Freitas, Eng.ª Marília Sousa, Eng.º Paulo Pinto.

Porto, dezembro de 2014