

## Comportamento de revestimentos de fachadas com base em ligante mineral. Exigências funcionais e avaliação do desempenho



Maria do Rosário Veiga  
LNEC, Portugal  
rveiga@lneec.pt

**Resumo:** Para cumprirem as funções que lhes cabem nos edifícios, os revestimentos de fachada de ligantes minerais, normalmente designados por rebocos, devem respeitar um certo número de exigências funcionais, relacionáveis com as Exigências Essenciais estabelecidas pela Directiva dos Produtos da Construção. Na presente comunicação reflecte-se sobre o modo como as exigências funcionais e as características associadas determinam o comportamento dos rebocos; descrevem-se alguns dos métodos e dos critérios estabelecidos no LNEC para o seu estudo e avaliação e compara-se o comportamento de rebocos feitos em obra com o de pré-doseados do tipo monocamada.

**Palavras-chave:** exigências funcionais; exigências essenciais; requisitos; rebocos; monocamada

### 1. INTRODUÇÃO

Os revestimentos de paredes de ligante mineral, vulgarmente designados, simplificada e, por rebocos, são de utilização muito antiga em toda a Europa e durante séculos vêm cumprindo as funções de regularização das alvenarias, impermeabilização das fachadas (no sentido de prestarem um contributo significativo para a estanquidade global da parede exterior e não de constituírem, por si próprios, um revestimento de estanquidade), protecção das paredes contra acções externas e acabamento e suporte de decoração, adaptando-se, sucessivamente, à evolução da tecnologia, das correntes arquitectónicas e estéticas e da mão-de-obra existente. Com efeito, são conhecidos em Portugal rebocos com centenas e até milhares de anos, em boas condições de conservação e com capacidade funcional.

Para cumprirem as funções que lhes estão destinadas no edifício os revestimentos de fachadas de ligante mineral devem verificar determinadas exigências funcionais gerais, para além de cumprirem, em cada caso, exigências mais específicas variáveis conforme o suporte, o tipo de construção, as condições climáticas, a exposição, etc.

Estes requisitos devem ser assegurados pela solução de reboco, ou seja pelo conjunto das várias camadas que o constituem.

Para os rebocos correntes executados em obra são recomendadas pelo menos três camadas: chapisco ou camada de aderência, bastante fluida, rugosa, com elevada dosagem de ligante, destinada a homogeneizar a absorção do suporte e a estabelecer a ligação com a alvenaria; camada de base, destinada a promover a regularização e a impermeabilização; camada de acabamento, mais fina, de menor granulometria e mais *fraca* que as anteriores, vocacionada para protecção e para conferir um acabamento esteticamente aceitável, que será depois complementado por exemplo, por uma pintura. Estas camadas devem obedecer à regra da degressividade do teor de ligante no sentido alvenaria-exterior, para que o revestimento seja mais poroso e mais deformável do interior para o exterior (fig. 1). Actualmente, devido ao elevado custo da mão-de-obra e aos curtos prazos impostos à construção, mas também como consequência do potencial de inovação e de melhoria do desempenho da indústria, usam-se cada vez mais produtos pré-doseados aplicáveis numa única camada (rebocos monocamada) ou em uma ou duas camadas seguidas de pintura (massas de reboco). Esses produtos, embora baseados em constituintes idênticos aos rebocos correntes, contêm diversas adições e a sua formulação elaborada permite-lhes, em princípio, atingir com menos camadas níveis de desempenho que as misturas correntes apenas conseguem com três ou mais.

## **2. EXIGÊNCIAS ESSENCIAIS E EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS GERAIS DOS REBOCOS**

A Directiva dos Produtos da Construção [1] estabelece as seguintes seis Exigências Essenciais para os produtos, materiais e sistemas a utilizar na construção de edifícios: estabilidade (EE1); segurança contra riscos de incêndio (EE2); higiene, saúde e ambiente (EE3); segurança no uso (EE4); protecção contra o ruído (EE5); economia de energia (EE6). A durabilidade e a adequabilidade ao uso são, por seu lado, propriedades essenciais para que as exigências referidas façam sentido.

As Exigências Essenciais são aplicáveis às paredes no seu conjunto, mas os revestimentos têm que dar o contributo necessário em cada caso. Assim, cada tipo de revestimento de paredes tem que verificar determinados requisitos para desempenhar as funções que lhe são atribuídas e para que a parede onde se integra possa cumprir as Exigências Essenciais. No caso dos rebocos exteriores, as Exigências Essenciais aplicáveis são, fundamentalmente, a EE3 e a EE4; a durabilidade e adequabilidade ao uso mantêm-se, naturalmente, como aspectos essenciais a ter em conta.

Para garantir a Exigência Essencial 3, os requisitos mais significativos são:

- a) Capacidade de impermeabilização e de protecção das paredes, o que implica i) capacidade de impermeabilização em zona não-fendilhada; ii) resistência à fendilhação; iii) resistência mecânica.
- b) Capacidade de promover, por evaporação, a expulsão da água infiltrada e do vapor de água formado no interior.
- c) Ausência de libertação de produtos tóxicos.
- d) Resistência ao desenvolvimento de fungos.

Os dois últimos aspectos, se bem que teoricamente tenham que se colocar, não têm constituído problema no que se refere aos rebocos minerais.

Para assegurar o cumprimento da Exigência Essencial 4, além de c) e d), deve-se acrescentar:

- e) Boa aderência ao suporte, para prevenir qualquer risco de queda de placas de revestimento.

No que diz respeito à durabilidade, para além de algumas das exigências já referidas, é importante:

- f) Resistência às acções climáticas.
- g) Resistência química.

A adequabilidade ao uso implica, ainda:

- h) Capacidade de regularização, a qual é, em princípio, inerente a qualquer argamassa de ligante mineral e areia.
- i) Aspecto estético aceitável, o qual implica, nomeadamente, resistência à fendilhação e homogeneidade de textura e, no caso dos monocamada, também de cor.

### **3. CARACTERÍSTICAS DAS ARGAMASSAS E COMPORTAMENTO DOS REBOCOS**

Nos rebocos correntes executados em obra, cada camada tem uma função principal diferente e, portanto, deve cumprir requisitos diferenciados e ter uma dosagem específica, pois as várias funções implicam características diferentes e por vezes contraditórias da argamassa. Por exemplo, para ter boa aderência e ser impermeável na massa a argamassa a usar deve ter uma dosagem forte em cimento e ser bastante fluída, enquanto para ter boa resistência à fendilhação e uma permeabilidade ao vapor de água elevada é necessário reduzir o teor de cimento.

Pelo contrário, os rebocos monocamada e as massas de reboco aplicadas em camada única, têm que cumprir todos os requisitos através de uma só camada e de uma formulação única. Naturalmente, as exigências para estas argamassas pré-doseadas têm que ser superiores, para que o reboco, no seu conjunto, tenha desempenho pelo menos semelhante ao reboco corrente.

Há dois aspectos do comportamento dos rebocos que são particularmente influenciados pelo número de camadas:

- Susceptibilidade à fendilhação
- Capacidade de impermeabilização em zona não-fendilhada

Quanto à susceptibilidade à fendilhação, sabe-se que as fendas tendem a evoluir até atravessar toda a camada; assim, quanto mais espessa for a camada mais largas tendem a ser as fendas formadas (fig. 2). Além disso, as fendas num revestimento multicamada, por se formarem aleatoriamente na superfície, são naturalmente desfasadas entre camadas. Deste modo, as fendas de um revestimento aplicado em camada única são muito mais perigosas que as de um revestimento aplicado em várias camadas de espessura total idêntica, porque a água e, do mesmo modo, todos os eventuais fluidos agressivos (poluição, sais, etc.) penetram mais facilmente até ao suporte por fendas largas atravessando directamente todo o revestimento, do que por fendas estreitas e desfasadas, obrigando a um percurso muito mais longo e atravessando as interfaces entre camadas.

No que se refere à capacidade de impermeabilização em zona não-fendilhada, verifica-se experimentalmente [2] que a passagem da água é significativamente dificultada pelas interfaces entre camadas, enquanto, pelo contrário, a capacidade de secagem não é afectada negativamente por tais interfaces, que se verifica não constituírem barreiras adicionais ao vapor de água.

Assim, embora os rebocos monocamada tenham, em geral, coeficientes de capilaridade muito inferiores aos das argamassas correntes de cimento, tal pode não significar obrigatoriamente que tenham maior resistência à penetração da água que um revestimento corrente em três camadas.

De modo idêntico, um reboco monocamada pode ter um módulo de elasticidade inferior e uma menor resistência à fendilhação que uma argamassa corrente de cimento e areia, sem que tal implique obrigatoriamente um melhor comportamento à fendilhação.

Como comparar os comportamentos previsíveis de rebocos multicamada e monocamada, a partir das características das argamassas que os compõem, de forma a estabelecer exigências comuns? Duas hipóteses parecem possíveis:

- Uma vasta análise experimental comparativa que permita estabelecer uma correspondência entre as características que num e noutro caso conduzem a desempenhos idênticos; ou seja estabelecer classes de desempenho e verificar quais as exigências necessárias em cada caso para as argamassas.
- Ou a aplicação sistemática de ensaios de comportamento capazes de simular do mesmo modo o desempenho de um revestimento monocamada ou multicamada.

Como é habitual nestes casos, a metodologia mais rápida, mais eficiente e mais segura encontra-se certamente no cruzamento entre as duas hipóteses propostas: uso de ensaios de comportamento aplicáveis a revestimentos com uma ou várias camadas e aplicação dos respectivos resultados para calibração de ensaios de características de argamassas, de modo a estabelecer as referidas classes de desempenho com exigências globais idênticas, mas características diferenciadas para uma, duas ou três camadas.

Esta possibilidade de comparação de desempenho é importante para não se correr o risco de sobrevalorizar os revestimentos monocamada por estes apresentarem características aparentemente muito superiores às argamassas correntes, ou, pelo contrário, de reduzir as exigências que se lhes impõe, por se considerarem excessivas face aos rebocos correntes, já avalizados pelo uso. Além disso, dado que o conhecimento efectivo e aprofundado do comportamento ao longo dos anos, por ligação à prática, só existe para os rebocos correntes, é importante que eles possam ser usados como termo de comparação para definir exigências com algum significado prático.

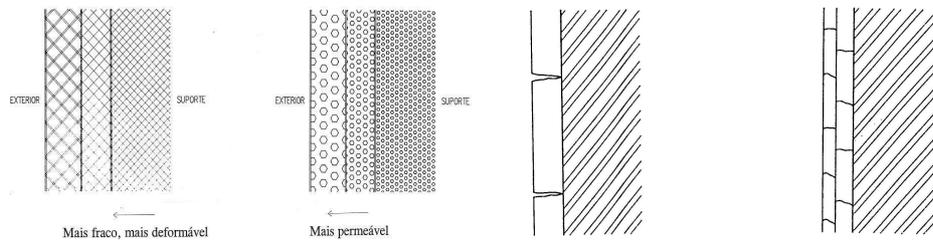


Fig. 1 – Revestimento mais poroso, mais deformável do interior para o exterior

Fig. 2 – Um reboco numa única camada fissura de modo mais desfavorável que um reboco da mesma espessura em duas camadas

#### 4. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

As exigências para os rebocos industriais (pré-doseados) devem basear-se, em primeiro lugar, nas especificações estabelecidas na Norma Europeia EN 998-1 [4], necessárias à atribuição da marcação CE e que constituem, portanto, um conjunto mínimo de características para a livre circulação no mercado dos produtos.

No entanto, o LNEC recomenda requisitos adicionais, que considera relevantes para o bom comportamento global dos revestimentos exteriores, tendo em conta as funções que lhes são atribuídas [5] e que podem ser utilizados pelos projectistas nas especificações que preparam para determinadas obras.

Na tabela 1 sintetizam-se as funções, as exigências e as características das argamassas consideradas adequadas, assim como o documento normativo de referência.

Tabela 1 – Funções e exigências de rebocos correntes para edifícios novos e características das argamassas a usar

Função	Exigência funcional	Característica	Especificação	Documento normativo
Impermeabilização e protecção	Resistência mecânica	Resistência à compressão $R_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Classes: CS I: 0,4 a 2,5 CS II: 1,5 a 5,0 CS III: 3,5 a 7,5 CS IV: $\geq 6$	EN 998-1
	Impermeabilização em zona não fendilhada	Coefficiente de capilaridade $C$ (kg/m <sup>2</sup> .min <sup>0,5</sup> )	Classes: w0: sem exigência w1: $C \leq 0,40$ w2: $C \leq 0,20$	
		Permeabilidade à água sob pressão $P$ (ml/cm <sup>2</sup> )	$P \leq 1$ após 48 h	
	Susceptibilidade à fendilhação	Módulo de elasticidade $E$ (MPa)	$E \leq 10\,000$	Relatório do LNEC 289/95 – NCCt e exigências complementares do LNEC (relatório em preparação)
		Retracção	Preferencialment e moderada	
		Resistência à tracção	Preferencialment e elevada	
		Ensaio de retracção restringida [6]	Susceptibilidade média ou fraca	
Permeabilidade ao vapor de água	Espessura da camada de ar de difusão equivalente a 0,10 m de reboco $S_d$ (m)	$S_d \leq 0,15$ m		
Durabilidade	Aderência ao suporte	Resistência ao arrancamento	$\geq 0,3$ MPa ou rotura coesiva	
	Resistência ao clima	Resistência aos ciclos climáticos calor-chuva e chuva-gelo	Sem degradação visível	
Adequabilidade ao uso	Regularização	-	-	-
	Aspecto estético	Susceptibilidade à fendilhação	<i>Ver acima</i>	-
		Homogeneidade de textura e cor		

Como já foi enfatizado, as exigências estabelecidas referem-se ao sistema de reboco e não a cada camada. Assim, no caso dos rebocos correntes, devem ser aplicadas ao conjunto das três camadas recomendadas para esses revestimentos, enquanto no caso dos monocamada são aplicáveis à única camada que os constitui e no caso das massas de reboco, a uma ou duas camadas, conforme o que for recomendado pelo fabricante, na respectiva Ficha Técnica, para o revestimento em causa.

Embora parte das características definidas possam ser determinadas pelo método normalizado e, portanto, de forma comparável, para um sistema constituído por várias camadas de diferentes composições, tal não é possível para muitas outras. Por exemplo, a capilaridade, determinada com prismas, pressupõe um único material e o mesmo se passa com a resistência à compressão e à tracção por flexão, o módulo de elasticidade e a retracção, portanto, os valores obtidos em ensaios desse tipo não serão directamente comparáveis.

Dos requisitos estabelecidos pela EN 998-1, apenas a permeabilidade à água sob pressão pode ser facilmente determinada para um sistema de revestimento, mas mesmo assim verifica-se que os valores obtidos não são directamente comparáveis, porque o que se mede não é a água que atinge o suporte, mas sim a água absorvida pelo material, que pode concentrar-se quase só na última camada e portanto não afectar, de facto, o desempenho, do reboco. Ou seja, é possível ter um reboco com uma última camada bastante permeável e portanto com resultados desfavoráveis no ensaio de permeabilidade à água sob pressão, mas com uma capacidade global de protecção à água boa, devido ao efeito das várias camadas.

Assim, os ensaios que permitem a comparação directa de desempenhos são, aparentemente, os seguintes:

- aderência ao suporte (EN 1015-12)
- capacidade de impermeabilização com humidímetro (método desenvolvido e calibrado no LNEC – FE Pa 38 [3] – que se descreverá sinteticamente em 6)
- resistência aos ciclos climáticos (EN 1015-21)

Há que ter em conta que, para além das situações mais correntes, que inspiraram as classificações da tabela 1 e que são consideradas nas definições mais gerais de requisitos, existem situações específicas, que obrigam a considerar como fundamentais outras exigências que até agora não sublinhámos. Por exemplo, nos revestimentos para edifícios antigos, nomeadamente com valor patrimonial e histórico, são particularmente importantes aspectos como: *não degradar as paredes pré-existentes; compatibilidade química, física e mecânica com os materiais antigos; e reversibilidade*, ou, pelo menos, *reparabilidade* das intervenções [7].

No entanto, mesmo para rebocos aplicáveis a edifícios recentes, para além dos requisitos estabelecidos na Norma EN 998-1, existem claramente outros requisitos necessários ao bom desempenho dos revestimentos exteriores de ligante mineral.

Com efeito, a experiência mostra que as anomalias que mais frequentemente e mais gravemente afectam o desempenho de rebocos, são a fendilhação, as deficiências na capacidade de impermeabilização em zona não-fendilhada, o destacamento do suporte e a perda de características devida às acções climáticas repetidas. Destas, apenas a segunda é considerada na Norma e mesmo assim, como se referiu, através de critérios não comparáveis para os vários tipos de revestimentos.

O LNEC tem preparado metodologias para avaliar o desempenho de rebocos em relação a estes aspectos, que lhe permitem, por um lado, estudar a influência dos vários parâmetros em jogo – de composição e de aplicação – quer para rebocos correntes quer para pré-

doseados em fábrica e, por outro lado, avaliar o desempenho de revestimentos pré-doseados em fábrica.

## **5. SUSCEPTIBILIDADE À FENDILHAÇÃO**

### **5.1 Causas da fendilhação**

A fendilhação é um dos tipos de patologia com maior influência no comportamento dos rebocos, já que afecta a sua capacidade de impermeabilização, prejudica gravemente a aparência e, ao facilitar infiltrações de água e de outros agentes e a fixação de microorganismos, reduz a durabilidade do revestimento e da própria parede. Depende de vários factores e envolve fenómenos complexos, ao nível da microestrutura da argamassa, tornando-se difícil de controlar completamente.

A fendilhação pode ter diversas causas [8, 9, 10], mas, de um modo geral, deve-se à ocorrência de tensões de tracção nas argamassas, frequentemente originadas por deformações impostas. As argamassas, que resistem bem a tensões de compressão, têm um comportamento frágil à tracção, com a conseqüente tendência para fendilhar.

Para reduzir os riscos de fendilhação é necessário, por um lado, minimizar as solicitações que provocam as tensões, através da selecção de materiais compatíveis, de disposições construtivas adequadas e de uma aplicação correcta; por outro lado, é importante usar argamassas pouco susceptíveis à fendilhação, actuando sobre a sua composição de forma a obter materiais menos rígidos, menos geradores de tensões e mais capazes de absorver as que se produzem.

A fendilhação por retracção restringida tem um impacto significativo na qualidade dos revestimentos e os seus mecanismos relativamente complexos são, talvez, dos mais difíceis de controlar, exigindo algum conhecimento por parte dos técnicos.

### **5.2 Avaliação da susceptibilidade à fendilhação de rebocos**

Para avaliar a susceptibilidade à fendilhação por retracção restringida de argamassas a usar em rebocos, quer preparadas em obra, quer pré-doseadas em fábrica, o LNEC preparou e aferiu ensaios e critérios [6, 8, 11]. O método experimental adoptado para essa avaliação consiste em: preparar provetes unidimensionais de argamassa, de modo tão semelhante quanto possível ao processo de aplicação de uma argamassa de revestimento; impedir a sua retracção desde a moldagem até à estabilização, medindo e registando as forças  $Fr(t)$  geradas ao longo do tempo pela retracção restringida; determinar, nos mesmos provetes e após o ensaio de retracção restringida, a resistência à tracção pura  $Rt(t)$ . Os provetes adoptados têm forma de haltere, com espessura de 20 mm (figs. 3 e 4).

Este modelo não corresponde exactamente às situações reais, em que a retracção não está totalmente impedida (já que a ligação ao suporte tem um certo grau de elasticidade), as tensões são geralmente distribuídas e não concentradas nos extremos e existe um gradiente de tensões na espessura do revestimento. No entanto, esta análise permite avaliar a maior ou menor tendência para a fendilhação por retracção restringida e as forças medidas podem, ainda, dar indicações importantes sobre a ordem de grandeza das forças geradas em rebocos e transmitidas às alvenarias.

O método permite também avaliar a influência de várias condições de aplicação.

Para realizar os testes, foi projectado e construído no LNEC um aparelho baseado em pesquisas já realizadas por outros autores [12, 13], com adaptações significativas. O aparelho consiste numa estrutura rígida e duas “cabeças”, funcionando como um molde. A “cabeça” inferior é fixada à estrutura e a superior tem um movimento longitudinal livre, travado por um parafuso ligado a um transdutor de força. Quando a retracção ocorre, o parafuso impede o deslocamento e a força é transmitida ao transdutor; os pequenos

deslocamentos parasitas são também medidos por um LVDT (transformador diferencial variável linear), para poderem ser contabilizados. Actualmente, o sistema de ensaio (fig. 3) consiste em 6 aparelhos deste tipo e um data logger com um software especial, preparado também no LNEC, para ler, registar e gravar os dados medidos pelos seis transdutores de força e pelos seis LVDTs.

Após moldagem, os provetes são mantidos na posição horizontal e posteriormente colocados na vertical, quando têm resistência suficiente para tal. Após o ensaio de retracção restringida, que decorre em contínuo durante períodos pré-definidos (em geral 7 dias), com registo das forças e deslocamentos no tempo, os provetes são submetidos a um ensaio de tracção, através do lento accionar do parafuso ligado ao transdutor de força (fig. 4). Este ensaio permite determinar a resistência à tracção do provetes, após retracção restringida.

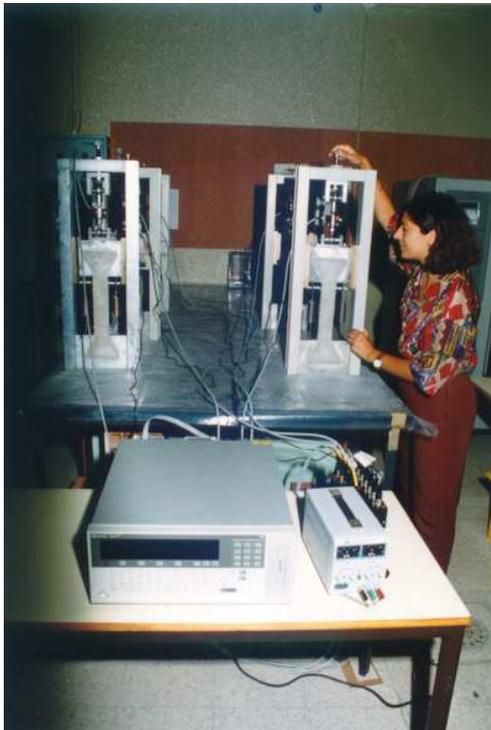


Fig. 3 – Ensaio de retracção restringida

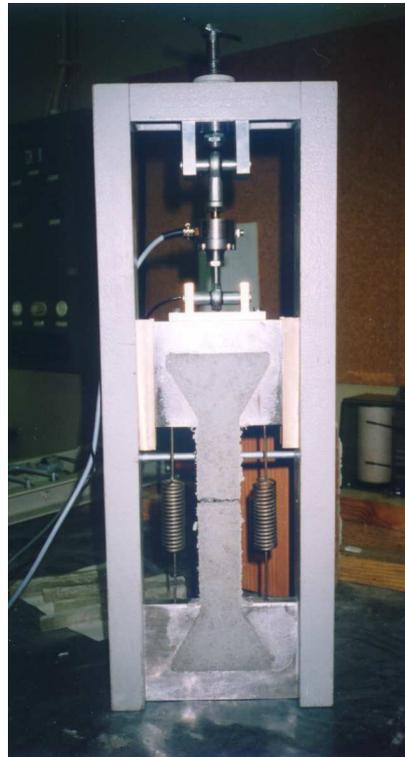


Fig. 4 – Ensaio de tracção

### 5.3 Classificação

Com base neste modelo e nos parâmetros assim determinados, definiram-se dois critérios principais de susceptibilidade à fendilhação:

#### 1º critério:

Definiu-se o Coeficiente de Segurança à Abertura da 1ª Fenda – CSAF – como a relação entre a resistência à tracção da argamassa e a força máxima gerada pela retracção restringida, ambas medidas sobre o mesmo provete (ensaio de retracção restringida, seguido do ensaio de tracção):

$$CSAF = R_t(t) / F_r(t).$$

CSAF  $\leq 1$  é condição de abertura da primeira fenda. O primeiro critério de susceptibilidade à fendilhação consiste na verificação desta condição.

2º critério:

Definiu-se o Coeficiente de Resistência à Evolução da Fendilhação por retracção restringida – CREF – como a relação entre a energia de rotura e a força máxima desenvolvida por retracção restringida:

$$CREF = G/Fr \text{ max}$$

Quanto menor for o CREF maior é a tendência para a evolução da micro-fendilhação até se atingir o ponto de instabilidade que conduz à rotura. Com efeito, quanto maior for a relação entre a área G definida pela curva força / deslocamento e a força máxima provocada pela retracção restringida, maior é a energia exigida pelo processo de evolução da micro-fendilhação surgida na argamassa – na sequência da não verificação do 1º critério – até atingir o ponto de instabilidade, logo este processo torna-se menos provável. A tendência para a evolução da fendilhação, portanto o valor de CREF, é o segundo critério de fendilhação considerado.

Com base numa extensa campanha experimental [8, 11] estabeleceram-se classes limitadas por valores destes coeficientes, que se apresentam na tabela 2.

Tabela 2 - Classificação quanto à susceptibilidade à fendilhação de argamassas, baseada em ensaios de retracção restringida até 7 dias, em ambiente 23° C / 50% HR

Classe de susceptibilidade à fendilhação	1º critério - CSAF	2º critério - CREF (mm)
1 (Fraca) *	CSAF $\geq 1$	CREF $\geq 1$
2 (Média) *	CSAF $\geq 1$	$0,6 \leq CREF < 1$
3 (Forte) **	CSAF $< 1$	CREF $< 0,6$

\* Tem que verificar as duas condições para pertencer à classe.

\*\* Basta verificar uma das condições para pertencer à classe.

## 6. CAPACIDADE DE IMPERMEABILIZAÇÃO

### 6.1 Causas gerais das deficiências de capacidade de impermeabilização

A capacidade de protecção contra a água, que é, sem dúvida, uma característica essencial de comportamento dos rebocos exteriores, está relacionada com três aspectos fundamentais: i) susceptibilidade à fendilhação; ii) descolamento do suporte; iii) capacidade de impermeabilização em superfície não-fendilhada e aderente

A avaliação dos dois primeiros aspectos foi já abordada (ver 5 e tabela 1).

A avaliação da capacidade de impermeabilização em superfície não-fendilhada e aderente é geralmente realizada através de ensaios de absorção de água por capilaridade em provetes prismáticos. Este método, sendo útil para caracterizar o material, tem limitações consideráveis para o estudo do comportamento de revestimentos de paredes, por não permitir avaliar a influência dos vários factores de aplicação, que se verifica serem importante – várias camadas, espessura, absorção do suporte – e também por não mostrar claramente aquilo que se pretende de facto estudar, ou seja a capacidade real de protecção do suporte conferida pelo revestimento.

Desenvolveu-se no LNEC um método de ensaio específico para avaliar este aspecto [3, 14, 15].

O método foi aplicado a vários revestimentos, em condições de aplicação diferentes, nomeadamente de espessura e número de camadas [2, 16] no âmbito de projectos de investigação, quer do LNEC, quer europeus, encontrando-se em estudo a sua aplicação em outros países.

## 6.2 Modelo experimental

O método de avaliação da capacidade de impermeabilização desenvolvido, que se encontra bem definido na Ficha de Ensaio FE Pa 38 do LNEC [3] consiste em aplicar sobre um suporte o reboco a ensaiar, com o número e espessura de camadas a usar em obra e medir e registar os tempos necessários para que a água, com uma pressão pré-determinada, atinja o suporte e em seguida seque de novo (figs. 5 e 6).

As medições baseiam-se nas variações com a humidade da resistência eléctrica de um material e nas consequentes alterações de tensão eléctrica e realizam-se com um equipamento projectado e construído no LNEC para o efeito [17, 18], através de sondas especiais que se colam ao suporte, antes da aplicação da argamassa.



Fig. 5 – Conjunto de provetes para o ensaio de capacidade de protecção contra a água

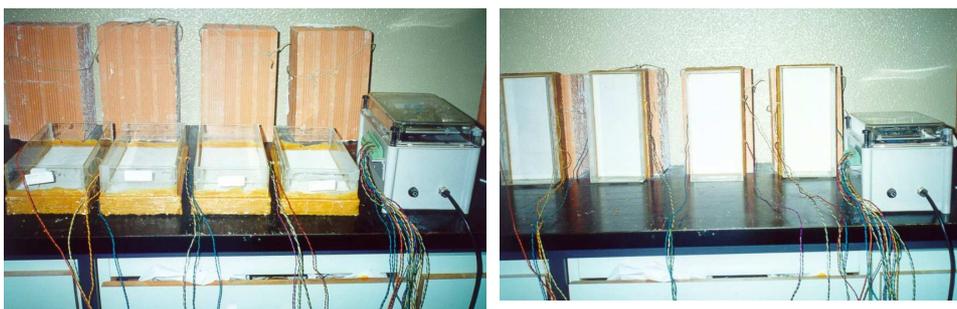


Fig. 6 – Ensaio de capacidade de protecção contra a água. Fases de molhagem (esquerda) e de secagem (direita).

### 6.3 Classificação

Os resultados dos ensaios podem ser visualizados em curvas de resistência ao longo do tempo e são expressos nos seguintes parâmetros [3]:

M: atraso na molhagem, em horas, definido como o período de tempo decorrente desde o momento da aplicação da água sobre o provete até a água atingir as sondas, considerando-se que tal acontece quando se verifica uma quebra de tensão eléctrica de 5%.

S: período de humedecimento, em horas, definido como o período de tempo durante o qual o suporte permanece humedecido, considerando-se que tal acontece enquanto a tensão eléctrica se mantém abaixo de 95% do seu valor inicial.

H: intensidade de molhagem, em  $mv \times h$ , definida como a quantidade de molhagem sofrida durante o ensaio, ou seja a área situada entre a linha que define a variação da tensão eléctrica com o tempo e a linha correspondente ao valor da tensão no estado considerado seco, ou seja, de 95% do valor inicial.

## 7. CONCLUSÕES

A comparação directa entre as características de um reboco executado em obra em várias camadas, com as de um revestimento pré-doseado, principalmente se se tratar de um monocamada, não é possível, devido, por um lado, ao pequeno número de ensaios realizáveis sobre revestimentos multicamada e, por outro, ao facto de, mesmo nesses casos, nem sempre ser praticável a comparação entre resultados, que por vezes têm significados diferentes para uma ou várias camadas, como acontece no caso da permeabilidade à água sob pressão.

Assim, o estudo experimental do nível de desempenho de rebocos não pode basear-se apenas na determinação de um certo número de características isoladas do material – realizada através de ensaios normalizados – mas exige uma análise mais complexa da resposta do revestimento às solicitações reais a que está sujeito.

O LNEC tem desenvolvido metodologias para esse estudo, quer através da análise conjunta de diversas características e do estabelecimento de classes e de níveis de exigências, quer através do desenvolvimento de métodos de ensaio específicos, capazes de simular as situações reais e de introduzir a variação das condições de aplicação.

Estas metodologias permitem a previsão mais fundamentada do desempenho de rebocos em condições específicas e, conseqüentemente, a elaboração de recomendações para selecção de produtos e de soluções com vista a aplicações concretas.

No entanto são ainda necessárias uma complementação dos casos estudados e uma melhor sistematização dos resultados obtidos, estabelecendo classificações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. [P] - Leis, decretos, 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)*. Lisboa, Diário da República, 1993. Directiva dos Produtos da Construção.
2. VEIGA, M. Rosário – *Protecção contra a água de paredes de edificios antigos. Avaliação experimental da capacidade de protecção de argamassas de reboco com base em cal*, in Enc. Nac. sobre Conservação e Reabilitação de Estruturas - REPAR 2000, Lisboa, LNEC, Junho 2000.

3. LNEC – *Revestimentos de paredes. Caracterização da capacidade de impermeabilização*. Lisboa, LNEC, Maio de 1999. Ficha de Ensaio do LNEC FE Pa 38.
4. EUROPEAN COMMITTEE OF STANDARDIZATION (CEN) – *Specification for mortar for masonry – Part 1: Rendering and plastering mortar*. CEN, EN 998-1
5. VILHENA, António; VEIGA, M. Rosário - *Bases para a homologação de revestimentos pré-doseados de ligante mineral com base em cimento*. Lisboa, LNEC, Outubro 1995. Relatório 289/95-NCCT.
6. Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) – *Revestimentos de ligantes minerais para paredes. Ensaio de susceptibilidade à fendilhação*. Lisboa, LNEC, Março de 1998. Ficha de Ensaio do LNEC FE Pa 37.
7. VEIGA, M. Rosário; CARVALHO, Fernanda – *Argamassas de reboco para paredes de edifícios antigos. Requisitos e características a respeitar*. Lisboa, LNEC, Outubro 2002. Cadernos de Edifícios, nº 2.
8. VEIGA, M. Rosário - *Comportamento de argamassas de revestimento de paredes. Contribuição para o estudo da sua resistência à fendilhação*. Lisboa, LNEC, Maio de 1997. Dissertação para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
9. MAGALHÃES, Ana Cristian – *Patologia de rebocos antigos*. Lisboa, LNEC, Maio 2002. Cadernos de Edifícios, nº 2.
10. VEIGA, M. Rosário – *Comportamento à fendilhação de rebocos: avaliação e melhoria*. Lisboa, LNEC, Setembro de 2004. Cadernos Edifícios n.º 3.
11. VEIGA, M. Rosário; ABRANTES, Vítor - *Improving the cracking resistance of rendering mortars. Influence of composition factors*. Lisboa, LNEC, 1998. Comunicação COM 14 (XXV Congresso Mundial de Habitação da IAHS – International Association for Housing Science).
12. TAMIN, P. F. - *Étude du comportement mécanique des revêtements de façade. Enduits*. Thèse de doctorat. Paris, École Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC), décembre 1986.
13. DÉTRICHÉ, C. H. - *Analyse expérimentale du retrait de couches minces de mortier. Mesure depuis le moulage*. Matériaux et Constructions, vol.11, nº 64.
14. Gonçalves, Teresa; Veiga, M. Rosário; Canha da Piedade, A. – *Evaluation of the capacity for impermeabilization of wall renders*. Proc. International Symposium on Moisture Problems in Building walls, Proceedings. Porto, Setembro de 1995.
15. GONÇALVES, Teresa. - *Capacidade de impermeabilização de revestimentos de paredes à base de ligantes minerais. Desenvolvimento de um método de ensaio com base na resistência eléctrica*. Lisboa: LNEC, 1997. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Construção pela Universidade Técnica de Lisboa. Colecção Teses de Mestrado.
16. VEIGA, M. Rosário - *Characteristics of repair mortars for historic buildings concerning water behaviour. Quantification and requirements*. Proc. Workshop Repair Mortars for Historic Masonry, TC RMH. Delft, RILEM, 25-28 de Janeiro de 2005.
17. PALMA, J.; LEITE, D. – *Aparelho detector de humidade no betão, com base na variação de condutividade*. Lisboa, LNEC, 1992. Relatório 56/92-GEEt.
18. Palma, J. – *Novo sistema de aquisição de dados para sondas de penetração de humidade em argamassa e betão*. Lisboa, LNEC, Report 355/01-CPCE, 2001.