

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

AS ARGAMASSAS NA CONSERVAÇÃO

LISBOA • 2009

Maria do Rosário Veiga

Investigadora Principal com Habilitação, LNEC

Conferência apresentada nas "1.^{as} Jornadas de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro",
realizadas em Aveiro, Novembro, 2003

VEIGA, Maria do Rosário
Engenheira Civil, Doutora em Engenharia Civil
Departamento de Edifícios

Reprodução integral da 1.ª edição, 2003

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I.P.
Divisão de Divulgação Científica e Técnica
AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA
e-e: livraria@lnec.pt
www.lnec.pt

Editor: LNEC

Colecção: Comunicações

Série: COM 103

1.ª edição: 2003

2.ª edição: 2005

3.ª edição: 2009

Tiragem: 100 exemplares

Descritores: Argamassa / Reboco / Conservação de edifícios / Restauro de edifícios / Edifício antigo / Revestimento de paredes

Descriptors: Mortar / Render / Building conservation / Building restoration / Old building / Wall covering

CDU 624.059:691.53

693.695:691.53

ISBN 978-972-49-1991-1

As Argamassas na Conservação

RESUMO

Muitos rebocos antigos, cuidadosamente executados e aplicados segundo as regras da boa arte, tinham grande resistência e durabilidade; a atestá-lo estão muitos exemplos com séculos de existência, que chegaram aos nossos dias em bom estado de conservação.

As texturas e cores tão características, os materiais seleccionados, a tecnologia usada - a boa arte de executar e aplicar, cujos segredos são, hoje, difíceis de penetrar -, o bom funcionamento global das paredes gerado pela compatibilidade de materiais e de soluções construtivas, merecem ser preservados, não só porque fazem parte da nossa história e da nossa memória colectiva e caracterizam ambientes, mas também porque são importantes objectos de estudo da própria história dos materiais e das tecnologias da construção.

Assim, nas intervenções em revestimentos de edifícios antigos deve optar-se pelo tipo de intervenção menos intrusiva possível, respeitando critérios definidos cientificamente e seleccionando as técnicas e os materiais de acordo com requisitos de compatibilidade.

No presente trabalho, descrevem-se brevemente os revestimentos antigos de edifícios com base em argamassas; analisam-se as opções de intervenção e definem-se os critérios gerais a ter em conta na sua selecção; faz-se referência aos métodos experimentais de diagnóstico de anomalias de rebocos antigos usados actualmente no LNEC; indicam-se as soluções correntes adoptadas em rebocos de substituição e apresentam-se resultados experimentais a partir dos quais se apontam as principais vantagens e riscos de cada solução; apontam-se alguns parâmetros de aplicação e discute-se a sua influência no desempenho final do revestimento.

Palavras-chave: Conservação / Argamassa / Reboco antigo / Diagnóstico / Requisitos / Técnicas de aplicação

Mortars in Conservation

ABSTRACT

Many ancient renders, carefully prepared and applied following good code of practice rules, present high mechanical resistance and durability; several examples with centuries of existence, that reached our days in a good conservation state, can prove it.

Characteristic textures and colours, selected materials, special technology used – the art of executing and applying whose secrets are difficult to penetrate –, the good global performance of the walls generated by the compatibility of materials and constructive solutions, deserve to be preserved, not only because they are a part of our history and of our collective memory and they characterise ambiences, but also because they are important study objects of construction materials and technology story.

So, in interventions on old building renderings, the option by a type of intervention as little intrusive as possible, respecting scientifically defined criteria and selecting techniques and materials according to compatibility requirements.

In the present work old renderings are briefly described; intervention options are analysed and general criteria to take into account in their selection are defined; a reference is made to experimental diagnosis methods for ancient renders, defects presently used at LNEC; current solutions adopted for substitution renders are indicated and experimental results are presented based on which the main advantages and risks of each solution are pointed out; some application parameters are pointed out and their influence is discussed on the rendering final performance.

Key-words: Conservation / Mortar / Old render / Diagnosis / Requirements / Application techniques

As Argamassas na Conservação

ÍNDICE DO TEXTO

	Pág.
1. REVESTIMENTOS EXTERIORES DE EDIFÍCIOS ANTIGOS.....	1
2. INTERVENÇÕES EM ARGAMASSAS	2
2.1 – Opções de intervenção	2
2.2 – Critérios gerais de intervenção.....	4
3. MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO	4
4. REBOCOS DE SUBSTITUIÇÃO	6
4.1 – Soluções correntes	6
4.2 – Requisitos dos rebocos de substituição	7
4.3 – Características das argamassas	9
4.4 – Método de selecção da argamassa de substituição a usar	10
5. RESULTADOS EXPERIMENTAIS	12
5.1 – Argamassas	12
5.2 – Ensaios e resultados	13
5.3 – Discussão de resultados	15
6. TÉCNICAS DE APLICAÇÃO.....	16
7. CONCLUSÕES	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

As Argamassas na Conservação

ÍNDICE DE QUADROS

Pág.

1. Critérios gerais de decisão sobre o tipo de intervenção.....	4
2. Técnicas de caracterização e ensaio em argamassas antigas: Ensaio <i>in situ</i>	5
3. Técnicas de caracterização e ensaio em argamassas antigas: Ensaio em laboratório sobre amostras recolhidas em obra	6
4. Requisitos estabelecidos para as características mecânicas das argamassas de revestimento para edifícios antigos.....	10
5. Requisitos estabelecidos para as características de comportamento à água e ao clima das argamassas de revestimento para edifícios antigos	10
6. Composição das argamassas	13
7. Resultados dos ensaios às características mecânicas das argamassas	14
8. Resultados dos ensaios às características de comportamento à água das argamassas	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

1. Revestimento antigo em várias camadas	19
2. Fingidos de azulejo	19
3. Ruínas de Tróia (séc. I).....	19
4. Revestimentos de substituição num Forte, com eflorescências e erosão.....	19
5. Reboco antigo com degradação superficial, mas muito são e coeso	19
6. Fingidos de azulejo: apesar da degradação avançada é um valor a preservar	19
7. Ensaio de penetração controlada	20
8. Ensaio com ultra-sons.....	20
9. Ensaio de micro-perfuração	20
10. Ensaio de choque de esfera	20
11. Ensaio com tubos de Carsten	20
12. Ensaio de capilaridade.....	20
13. Argamassa de cimento em parede antiga. Patologia comum	21
14. Argamassa de cimento sobre camada de cal. Patologia comum.....	21
15. Forte revestido com argamassa bastarda bastante fraca	21
16. Argamassa recente de cal apagada com gordura: perda de coesão e erosão.....	21
17. Vista de parte dos painéis realizados para estudo das técnicas de aplicação.....	21
18. Método empírico de verificar a boa consistência de uma argamassa de cal	21

AS ARGAMASSAS NA CONSERVAÇÃO

1 – REVESTIMENTOS EXTERIORES DE EDIFÍCIOS ANTIGOS

As paredes exteriores dos edifícios variaram muito, na sua constituição e forma, ao longo dos séculos e de região para região. No entanto, podemos considerar que, desde a antiguidade até ao advento do betão armado, em meados do século XX, pelo menos em toda a Europa, tinham importantes características comuns: acumulavam a função resistente com a função de protecção em relação aos agentes climáticos e às acções externas em geral; os materiais usados na sua constituição eram mais porosos e deformáveis que os usados actualmente; e as capacidades de resistência e de protecção eram asseguradas essencialmente através da espessura.

Um aspecto particularmente importante está relacionado com a protecção contra a humidade. Com efeito, as paredes dos edifícios actuais são construídas de forma a impedir, tanto quanto possível, a penetração da água do exterior, razão pela qual se executam cortes de capilaridade junto às fundações, se usam revestimentos impermeabilizantes, caixilharia preferencialmente estanque e coberturas e remates cuidados. Pelo contrário, o modelo de funcionamento das paredes antigas, mais espessas e porosas, sem cortes de capilaridade, admitia a entrada de água para o interior da alvenaria mas evitava uma permanência prolongada, procurando promover a sua fácil e rápida saída para o exterior. Assim, a ascensão capilar da água através das fundações (naturalmente, em quantidade moderada), fazia parte do funcionamento normal da parede, que rapidamente promovia a sua expulsão por evaporação [1, 2].

Por isso, os revestimentos que protegeram as paredes exteriores ao longo dos séculos, também eles muito diversificados técnica e formalmente, tinham igualmente importantes aspectos em comum.

Esses revestimentos eram geralmente constituídos pelas seguintes camadas principais, com diferentes funções [3, 4]:

a) Camadas de regularização e protecção: Emboço; Reboco (propriamente dito)¹; Esboço.

b) Camadas de protecção, acabamento e decoração: Barramento (ou guarneçamento); Pintura (em geral mineral); Ornamentação (nos casos mais elaborados).

As camadas de regularização e protecção eram constituídas por argamassas de cal e areia, eventualmente com adições minerais e aditivos orgânicos. Normalmente, as camadas internas tinham granulometria mais grosseira que as externas e a deformabilidade e a porosidade iam aumentando das camadas internas para as externas, promovendo assim um bom comportamento às deformações estruturais e à água. Aliás, esta estrutura é, ainda hoje, considerada a mais adequada para rebocos feitos em obra. Cada uma das camadas principais referidas era, por sua vez, constituída por várias subcamadas. Com efeito, para a mesma espessura total, camadas finas em maior número permitiam uma melhor capacidade de protecção [2] e uma durabilidade superior.

¹ No restante deste texto usar-se-á o termo *reboco* com o significado que em geral lhe é dado actualmente, de revestimento de argamassa no seu conjunto, ou seja, do conjunto das camadas de *emboço*, *reboco* e *esboço*.

Os barramentos ou guarnecimentos eram constituídos por massas finas de pasta de cal, ou de pasta de cal com pó de pedra, também geralmente aplicadas em várias subcamadas, com finura crescente das mais interiores para as mais exteriores [5] (Fig.1). Estas camadas são muito importantes para a protecção do reboco, verificando-se que, quando se destacam, se assiste a uma degradação rápida do reboco subjacente.

A coloração das superfícies era conferida pela incorporação de agregados com cor seleccionada, de terras ou de pigmentos minerais na última camada de barramento, ou por camadas posteriores de pintura, geralmente de cal, aditivada com pigmentos e outras adições minerais. As superfícies podiam ser ornamentadas (com *stuccos*, *fingidos*, *esgrafitos*, etc.), pintadas com policromia e técnicas da pintura mural (a fresco ou a seco) ou simplesmente coloridas de vários modos [6] (Fig. 2).

Estes revestimentos, cuidadosamente executados e aplicados segundo as regras da boa arte, tinham grande resistência e durabilidade; a atestá-lo estão muitos exemplos com séculos de existência, que chegaram aos nossos dias em bom estado de conservação (Fig.3).

As texturas e cores tão características, os materiais seleccionados, a tecnologia usada - a boa arte de executar e aplicar, cujos segredos são, hoje, difíceis de penetrar -, o bom funcionamento global das paredes gerado pela compatibilidade de materiais e de soluções construtivas, merecem ser preservados, não só porque fazem parte da nossa história e da nossa memória colectiva e caracterizam ambientes, mas também porque são importantes objectos de estudo da própria história dos materiais e das tecnologias da construção.

2 – INTERVENÇÕES EM ARGAMASSAS

2.1 – Opções de intervenção

Os revestimentos exteriores assumem grande importância na conservação patrimonial: têm um papel fundamental na protecção da alvenaria antiga contra acções climáticas, choques mecânicos, contaminação ambiental; condicionam fortemente o aspecto final das construções; está provado que os rebocos podem reforçar significativamente a resistência mecânica de alvenarias fracas, aspecto não desprezável, já que as paredes antigas têm, em geral, funções estruturais.

Mas, por estarem muito expostos a acções potencialmente destrutivas, os revestimentos são também dos elementos mais sujeitos à degradação.

O desconhecimento da sua constituição e da tecnologia envolvida fazem com que a opção comum para a sua reparação seja a extracção de todo o revestimento e a sua substituição por uma solução actual, em geral não adaptada ao funcionamento da parede antiga. Muitas vezes, as soluções adoptadas, além de descaracterizarem os edifícios, são funcionalmente desadequadas e têm um desempenho e uma durabilidade inferiores aos pré-existentes (Fig.4).

Pelo contrário, numa intervenção num edifício antigo, a primeira opção deve ser sempre a conservação. Esta opção é, como se sabe, mais correcta do ponto de vista da ética da conservação que, não nos esqueçamos, está hoje também relacionada com a ecologia por via da sustentabilidade. Mas, ao contrário do que muitas vezes se pretende fazer crer, é também, em geral e desde que se conheçam bem as técnicas e materiais a usar, a solução mais económica. Finalmente, é quase sempre a que assegura maior durabilidade. Com efeito, é

realmente difícil especificar argamassas de substituição completamente compatíveis com os elementos pré-existentes, já que a compatibilidade depende de diversos factores.

Uma análise atenta do revestimento antigo mostra frequentemente que a degradação é superficial e que é possível evitar a substituição recorrendo, por exemplo, a operações de reparação pontuais.

Muitas vezes os rebocos antigos apresentam-se superficialmente degradados - com micro-fendilhação, manchas devidas a ataque biológico e à acção da humidade, lacunas resultantes de destacamentos pontuais – mas encontram-se fundamentalmente sãos: coesos, aderentes à base na maior parte da sua área e com uma resistência razoável (fig. 5). Nesses casos é preferível mantê-los, com as reparações pontuais necessárias para restaurar as suas funções e recuperar o aspecto estético.

Noutros casos existem já algumas zonas com degradação profunda, com perda de aderência ou coesão deficiente, mas o valor patrimonial do revestimento, devido à existência de pinturas murais, de ornamentos, de vestígios de técnicas raras – fingidos, grafitos, esgrafitos -, justifica, mesmo assim, a opção pela conservação, recorrendo a técnicas de consolidação (fig. 6).

Quando a degradação do reboco atingiu um nível tal que não é possível conservá-lo integralmente, é necessário substituí-lo, parcial ou totalmente, por outro compatível com os elementos pré-existentes com os quais irá interagir.

A opção sobre a estratégia de intervenção a adoptar em revestimentos antigos deve basear-se em critérios científicos, tendo em conta o seu valor histórico e arquitectónico, o seu estado de conservação real, a disponibilidade de meios, entre outros factores. Hoje pensa-se que o edifício antigo vale, não só pela sua arquitectura formal, mas também pelo conjunto funcional e pelos materiais e tecnologia utilizados, os quais constituem, em si próprios, valores a preservar [7]. Também por razões práticas e económicas, é necessário garantir a durabilidade do conjunto.

Podem considerar-se, assim, quatro grandes opções possíveis de intervenção: i) a primeira opção deve ser a conservação do revestimento antigo através de operações de manutenção e de reparação pontual, nomeadamente através de limpeza e de tratamento (por exemplo com biocidas), da correcção de situações que podem dar origem a infiltrações de água, da reparação atempada das camadas de acabamento, da colmatação de fendas, etc.; ii) se tal for inviável, pode ser apropriada uma consolidação do revestimento existente, no entanto só se justifica recorrer às técnicas especializadas e caras de consolidação de rebocos quando o edifício ou o revestimento é de valor elevado, quer por razões históricas ou artísticas, quer devido à raridade da técnica ou do material; iii) em terceiro lugar, pode encarar-se a substituição parcial em alguns paramentos, com recurso a revestimentos semelhantes aos antigos; iv) em último caso, quando as anomalias existentes são de severidade elevada, pode de facto ser necessário substituir a totalidade do reboco; por vezes, basta substituir a última camada, mais fendilhada ou contaminada por micro-organismos, ou uma determinada zona do reboco, por exemplo afectada de forma prolongada por uma infiltração de água. Outras vezes, perante uma desagregação generalizada, por exemplo, impõe-se a substituição total.

Nestes casos, é de primordial importância que os materiais de substituição sejam adequados, sob pena de se correr o risco de acelerar a degradação [7, 8].

2.2 – Critérios gerais de intervenção

Tendo em conta os princípios referidos, é possível estabelecer os critérios gerais de decisão que se esquematizam sinteticamente no quadro 1.

Quadro 1 – Critérios gerais de decisão sobre o tipo de intervenção

Tipo de degradação	Valor histórico, arquitectónico ou artístico	Opção de intervenção	Seleção dos materiais	Seleção das técnicas	Outras exigências
Degradação superficial pontual	Elevado	Conservação, e, se necessário, consolidação	Materiais compatíveis e idênticos	Técnicas tradicionais e/ou especializadas	Reversibilidade; aspecto idêntico
	Reduzido	Conservação, e, se necessário, reparação localizada	Materiais compatíveis dos pontos de vista funcional e de aspecto	-	Reparabilidade; aspecto compatível
Degradação superficial generalizada	Elevado	Conservação, e se necessário, consolidação	Materiais compatíveis e idênticos	Técnicas tradicionais e/ou especializadas	Reversibilidade; aspecto idêntico
	Reduzido	Conservação e reparação localizada	Materiais compatíveis dos pontos de vista funcional e de aspecto	-	Reparabilidade; aspecto compatível
Degradação profunda pontual	Elevado	Conservação, consolidação e reparação localizada	Materiais compatíveis e idênticos	Técnicas tradicionais e/ou especializadas	Reversibilidade; aspecto idêntico
	Reduzido	Substituição parcial	Materiais compatíveis dos pontos de vista funcional e de aspecto	Técnicas de aplicação de acordo com as regras da boa arte	Reparabilidade; aspecto compatível
Degradação profunda generalizada	Elevado	Consolidação	Materiais compatíveis e idênticos	Técnicas tradicionais e/ou especializadas	Reversibilidade; aspecto idêntico
	Reduzido	Substituição integral	Materiais compatíveis dos pontos de vista funcional e de aspecto	Técnicas de aplicação de acordo com as regras da boa arte	Reparabilidade; aspecto compatível

3 – MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO

3.1 – Caracterização do estado de conservação dos revestimentos antigos

O estado de conservação dos revestimentos existentes pode ser caracterizado pelos tipos de anomalias que revelam e pelo grau com que se manifestam [9]. Com efeito, enquanto um revestimento fendilhado,

mesmo que em grau elevado, pode ser reparado com alguma facilidade, recorrendo a técnicas bastante conhecidas, o mesmo não se passa quando há deficiências de aderência ao suporte ou de coesão entre as partículas, cuja preservação exige o emprego de técnicas mais caras e complexas.

Assim, surge o conceito de severidade da anomalia, que está relacionado, não só com o grau, mais ou menos elevado, da degradação provocada, mas também com a sua reparabilidade [3].

Uma caracterização correcta do estado de conservação e do tipo e gravidade da degradação existente é, assim, da maior importância para uma correcta tomada de decisão sobre o tipo de intervenção a realizar.

Embora uma observação cuidada, um olhar treinado e um espírito rigoroso sejam os instrumentos mais importantes e imprescindíveis para essa caracterização, é geralmente útil, se tal for viável, recorrer a outros meios de diagnóstico, para obter uma informação mais detalhada e quantificada. Esses meios baseiam-se geralmente em ensaios, quer in situ, sobre o revestimento antigo aplicado, quer de laboratório, sobre amostras extraídas em obra, em locais criteriosamente escolhidos e cuidadosamente acondicionadas e transportadas.

Os ensaios in situ são, por vezes, difíceis de interpretar e de correlacionar com as características que se destinam a avaliar, exigindo muita experiência; os ensaios em laboratório oferecem algumas dificuldades, devido às características das amostras, geralmente sem os formatos apropriados e por vezes frágeis e frágeis ao manuseio, exigindo adaptação dos métodos. Referem-se nos quadros 2 e 3 alguns dos são usados actualmente no LNEC para este efeito [10, 11, 12] (figs. 7 a 12)

Apesar de se terem já realizado estes ensaios sobre revestimentos de diversos edifícios, considera-se que é necessário ampliar a experiência existente antes de estabelecer classificações que permitam uma sistematização do estado de conservação.

QUADRO 2 - Técnicas de caracterização e ensaio em argamassas antigas: Ensaios in situ

OBJECTIVO	TIPO	ENSAIO
Determinação das propriedades físicas e mecânicas	Não-destrutivos	Permeabilidade a água sob baixa pressão com Tubos de Carsten Resistência e módulo de elasticidade por Ultra-sons Avaliação de destacamentos e zonas de penetração de água por Termografia de infravermelhos Avaliação do teor de água com Humidímetro portátil Determinação da carbonatação com indicador de fenolftaleína Identificação de sais solúveis com marcadores de cor
	Semi-destrutivos e Destrutivos	Resistência superficial: Choque de esfera e Quadriculagem Resistência interna: Penetração controlada; Miocroperfuração Avaliação da coesão: Riscagem e Abrasão Determinação da Aderência ao suporte

QUADRO 3 - Técnicas de caracterização e ensaio em argamassas antigas: Ensaio em laboratório sobre amostras recolhidas em obra

OBJECTIVO	TIPO	ENSAIO
Determinação das propriedades físicas	-	Massa volúmica real, Massa volúmica aparente e Porosidade aberta total: Método da pesagem hidrostática Distribuição porosimétrica: Porosimetria de mercúrio Absorção de água por capilaridade² Resistência à compressão (método em fase exploratória)
Caracterização química (Composição de argamassas antigas)	Análise química	<ul style="list-style-type: none"> • Por via húmida Dissolução da amostra e determinação dos elementos (resíduo insolúvel, gravimetria, volumetria) <ul style="list-style-type: none"> • Por via instrumental Espectrografia de Raios X; Fotometria de chama; Espectrofotometria de absorção atómica (EAA); Espectrofotometria de emissão de plasma (ICP); Cromatografia iónica.
	Análise microestrutural	Lupa binocular; Microscopia óptica; Microscopia electrónica de varrimento (MEV) e Microanálise de Raios X por dispersão de energia (AXDE).
	Análise mineralógica	Difracção de Raios X (DRX)
	Análise térmica	Termogravimetria (TG); Análise Térmica Diferencial (ATD)
	Análise orgânica	Espectroscopia de infravermelho (IV) por transformada de Fourier

4 – REBOCOS DE SUBSTITUIÇÃO

4.1 – Soluções correntes

Muitas argamassas têm sido recomendadas para revestimentos de edifícios antigos, em substituição dos originais. As soluções usadas enquadram-se, normalmente, nos seguintes tipos: i) Argamassas de cimento; ii) Argamassas de cal hidráulica natural; iii) Argamassas de cal hidráulica artificial; iv) Argamassas de cal aérea e cimento; v) Argamassas de cal aérea; vi) Argamassas de cal aérea aditivada – com pozolanas, pó de tijolo e outros aditivos minerais ou ainda com “gordura”; vii) Argamassas pré-doseadas; viii) Argamassas de ligantes especiais [14].

Algumas destas argamassas têm inconvenientes bem conhecidos. Assim, as argamassas de cimento apresentam um aspecto final muito diferente das argamassas antigas, em termos, por exemplo, da textura da superfície, do modo como reflectem a luz. Para além disso, é sabido que contêm na sua composição sais solúveis que são transportados para o interior das paredes e lá cristalizam, contribuindo para a sua degradação. Tem-se verificado que também outras características são desfavoráveis, tornando-as funcionalmente incompatíveis com a generalidade das paredes antigas, tais como uma rigidez excessiva e uma capacidade limitada de permitir a secagem da parede (Fig. 13, 14).

Por outro lado, as argamassas de cal aérea, de composição mais próxima das argamassas antigas, portanto mais capazes de assegurar uma compatibilidade estética e funcional com os materiais pré-existentes, têm

² Ensaio não normalizado desenvolvido no LNEC aplicável a amostras de argamassas irregulares e frágeis [13].

apresentado problemas de durabilidade, principalmente quando expostas à chuva e, ainda mais, ao gelo. No entanto, chegaram até aos nossos dias argamassas de cal com centenas e, até, milhares de anos, que se apresentam com resistência e coesão superiores a muitas argamassas actuais e mesmo com capacidades de impermeabilização superiores (figs. 1, 3, 7, 8, 9).

As argamassas bastardas, intermédias entre estes dois extremos (só de cimento e só de cal) procuram melhorar algumas características sem trazer os piores inconvenientes (fig. 14).

Com as argamassas com pozolanas e com outros aditivos, minerais ou orgânicos, procuram recuperar-se técnicas antigas e melhorar os desempenhos destas argamassas [15]. No entanto, muito há a aprender sobre os aditivos a usar e os campos de aplicação próprios de cada uma. Por exemplo, a utilização indiscriminada da cal apagada com uma gordura tem conduzido, inevitavelmente, a maus resultados, em determinadas circunstâncias, a par de alguns casos de sucesso (Fig. 16).

As argamassas pré-doseadas têm composições muito variadas, e, em consequência, características e comportamentos diversificados, pelo que terão sempre que ser avaliadas caso a caso.

As argamassas executadas com ligantes especiais, por exemplo com cimentos com baixos teores de sais solúveis, têm características optimizadas para determinados casos específicos e destinam-se, normalmente, a juntas e não tanto a rebocos, devido a diferenças de aspecto significativas.

É conveniente enfatizar que não são apenas as características dos materiais que influenciam o comportamento, a durabilidade e, em geral, a qualidade do revestimento, uma vez que as técnicas de preparação e aplicação, as condições climáticas e de cura e a preparação do suporte são igualmente importantes. Esta influência é particularmente relevante no caso das argamassas de cal, como se procurará destacar em 6 e essa poderá ser uma das razões porque hoje geralmente não conseguimos bons resultados com argamassas só de cal. Com efeito, verifica-se que são muito significativos factores como: o tipo de cozedura e o tempo de apagamento da cal, o uso da cal apagada em pasta ou em pó, ou obtida da cal viva por apagamento em conjunto com a areia húmida (técnica do apagamento a quente); as técnicas de aplicação do próprio revestimento, o número e a espessura das camadas, a quantidade de água de amassadura e as condições climáticas no momento da aplicação e nos dias subsequentes.

4.2 – Requisitos dos rebocos de substituição

A adequabilidade dos materiais a usar na realização de revestimentos de substituição prende-se com critérios de compatibilidade, funcionais, de aspecto e de comportamento futuro em conjunto com os pré-existentes, tentando evitar, nomeadamente, a aceleração da degradação das paredes e também o surgimento de fenómenos de envelhecimento diferencial entre novos e velhos revestimentos.

Quando é necessário recorrer à substituição, parcial ou total, do reboco antigo, o revestimento a escolher deverá, em primeiro lugar, respeitar os seguintes requisitos gerais:

- a) Não contribuir para degradar os elementos pré-existentes, nomeadamente as alvenarias.
- b) Proteger as paredes.
- c) Não prejudicar a apresentação visual da arquitectura, nem descaracterizar o edifício.
- d) Ser durável (e contribuir para a durabilidade do conjunto).

Não contribuir para degradar os elementos pré-existentes é, naturalmente, o primeiro requisito, principalmente porque o respeito pelas exigências de autenticidade implica a preservação dos elementos mais antigos do

edifício durante o máximo tempo possível. Pode parecer redundante, mas a prática demonstra que faz sentido referir e enfatizar este requisito. Com efeito, uma argamassa inadequada pode provocar degradação, em lugar de proteger os elementos com os quais está em contacto:

- por introdução de tensões excessivas num suporte eventualmente fraco e com deficiências de coesão, em geral originadas pela retracção ou por variações dimensionais de origem térmica [16];
- no caso dos rebocos, através da tendência para reter a água no suporte, em lugar de facilitar a sua secagem [2, 17, 18] (fig. 13), provocando a patologia associada à humidade [9];
- no caso das juntas de refecimento, através da alteração dos caminhos preferenciais de circulação da água e do vapor de água, das argamassas, que eram primitivamente mais porosas e permeáveis, para a pedra ou o tijolo, se as argamassas de reparação forem mais impermeáveis; a pedra ou o tijolo passarão assim a sofrer novos fenómenos de degradação relacionados com a humidade, como as eflorescências e a perda de coesão [17, 19, 20];
- através da introdução, nas alvenarias e nas outras argamassas, de sais solúveis que não existiam antes, provenientes, por exemplo, do cimento.

Assim, a argamassa a formular não deve desenvolver tensões elevadas quando sofre variações dimensionais restringidas; deve dificultar a penetração da água até ao suporte, mas principalmente deve favorecer a evaporação da água que se introduziu, quer através da própria argamassa, quer através das fundações, por capilaridade ascendente, quer ainda através de coberturas e remates; não deve ter na sua constituição materiais ricos em sais solúveis.

Para cumprir o segundo requisito é necessário que o revestimento, ou a argamassa de refecimento de juntas, desempenhem as funções principais a que se destinam, protegendo e contribuindo para a conservação geral das alvenarias e outros elementos estruturais que recobrem. Não é por acaso que se verifica frequentemente que, enquanto as zonas das alvenarias antigas que permaneceram recobertas pelos revestimentos originais se mantêm em bom estado de conservação, outras zonas das mesmas alvenarias que permaneceram algum tempo à vista (ou as mesmas zonas às quais foram posteriormente extraídos os revestimentos) sofrem rápidos processos de degradação.

As argamassas de revestimento devem proteger a parede da acção da água, da acção directa dos agentes climáticos, de acções mecânicas de choque e erosão, da acção química da poluição e dos sais solúveis contidos nos materiais, na água e no solo. Para poder desempenhar essas funções, o revestimento deve ter resistência mecânica suficiente, ser relativamente deformável, apresentar impermeabilidade suficiente e ter um bom comportamento aos sais.

É importante enfatizar que estas funções são garantidas pelo revestimento no seu conjunto e não por uma única camada de argamassa, executada em condições normalizadas, que é o que geralmente é objecto de ensaio. Assim, o número de camadas, a respectiva espessura, a composição relativa dessas camadas e a tecnologia de aplicação são aspectos tão importantes como o material utilizado.

Não prejudicar a apresentação visual da arquitectura, nem descaracterizar o edifício, contribuindo assim para a manutenção de uma imagem histórica e esteticamente compatível, é um requisito relacionado com a composição dos revestimentos, nomeadamente em termos de textura e características cromáticas, mas também com a tecnologia de aplicação, que confere uma textura própria, e pode ou não manter a forma, os efeitos decorativos, os ornamentos [6].

A durabilidade é essencial para que os restantes requisitos adquiram significado. Com efeito, embora no limite os revestimentos tenham que ser encarados como camadas sacrificiais, já que é mais importante a correcta preservação das alvenarias antigas que dos revestimentos substituídos, portanto novos, recorde-se que a degradação do revestimento arrasta, em geral, a degradação rápida da alvenaria. Os elementos que se pretende proteger podem ser centenários, por vezes milenários, é a esta escala de tempo que é preciso pensar em conservação.

A durabilidade implica boa resistência mecânica, nomeadamente aos choques, boa coesão interna, boa aderência ao suporte e entre camadas - mas não excessiva, para não impedir a reversibilidade - e boa resistência química, designadamente aos sais existentes nas paredes antigas.

Implica também um bom comportamento à água: absorção relativamente lenta e, de novo, facilidade de secagem.

Com efeito, para muitos autores [21, 22], a durabilidade das argamassas de cal está fundamentalmente relacionada com a estrutura porosa, que comanda a capacidade para transportar, reter e *expulsar* a água por evaporação, influenciando também, em consequência, o comportamento aos sais e ao gelo. Além disso, a estrutura porosa condiciona decisivamente a resistência mecânica.

A durabilidade implica ainda resistência à colonização biológica, que se relaciona com a composição (os adjuvantes orgânicos podem tornar as argamassas mais susceptíveis a este tipo de degradação), mas também com o comportamento à água, já que períodos longos de humedecimento aumentam a probabilidade de fixação de fungos.

Naturalmente, nos casos de reparações localizadas e de preenchimento de lacunas, os materiais a usar terão que verificar requisitos muito mais rigorosos devendo, nomeadamente, ter composições muito semelhantes aos pré-existentes, ao nível dos constituintes – tipo de cal, natureza, granulometria e cor da areia – e da técnica de preparação e aplicação.

Em síntese, para verificar os requisitos referidos atrás, admitem-se os seguintes princípios básicos para a formulação das argamassas de substituição: (i) as características mecânicas devem ser semelhantes às das argamassas originais e inferiores às do suporte; (ii) a aderência nunca deve ter rotura coesiva pelo suporte; (iii) a tensão desenvolvida por retracção restringida deve ser inferior à resistência à tracção do suporte; (iv) a capilaridade, a permeabilidade ao vapor de água e a facilidade de secagem devem ser semelhantes às das argamassas originais e superiores às do suporte; (v) devem adequar-se ao papel funcional e estético das argamassas que substituem (rebocos, juntas, acabamentos etc.); (vi) devem possuir durabilidades e envelhecerem de forma similar e não devem provocar halos ou alterações de cor em revestimentos adjacentes preservados.

4.3 – Características das argamassas

Para definir as condições a respeitar pelas características da nova argamassa a utilizar seria, em rigor, necessário conhecer as características dos elementos pré-existentes com os quais ela irá interagir. Contudo, não existe, por enquanto, um estudo sistemático destas características das paredes dos edifícios antigos em Portugal. Crê-se, aliás, que esse estudo poderia constituir um bom tema de tese de doutoramento.

Uma avaliação caso a caso destas características das paredes afigura-se apenas possível para construções de elevado interesse histórico ou arquitectónico, mas não para a grande maioria dos edifícios antigos, apesar da importância da sua preservação, com destaque para os que constituem Centros Históricos das cidades. No

entanto, para a maioria das paredes de alvenaria mista nacionais, a experiência acumulada recomenda os limites que se compilam nos quadros 4 e 5 [7, 8].

Para diferentes tipos de paredes, por exemplo para alvenarias de pedra aparelhada, estes requisitos poderão sofrer adaptações.

Quadro 4 – Requisitos estabelecidos para as características mecânicas das argamassas de revestimento para edifícios antigos

Uso	Características Mecânicas (MPa)			Aderência (MPa)	Comportamento à retracção restringida			
	Rt	Rc	E		F _m máx (N)	G (N.mm)	CSAF	CREF (mm)
Reboco exterior	0,2 – 0,7	0,4 – 2,5	2000-5000	0,1 – 0,3 ou rotura coesiva pelo reboco	< 70	> 40	> 1,5	> 0,7
Reboco interior	0,2 – 0,7	0,4 – 2,5	2000-5000		< 70	> 40	> 1,5	> 0,7
Juntas	0,4 - 0,8	0,6 – 3	3000-6000	0,1 – 0,5 ou rotura coesiva pela junta	< 70	> 40	> 1,5	> 0,7

Rt – Resistência à tracção; Rc – Resistência à compressão; E – Módulo de elasticidade; F_m máx – Força máxima induzida por retracção restringida; G – Energia de rotura à tracção; CSAF – Coeficiente de segurança à abertura da 1ª fenda: CSAF = Rt/Fr max; CREF – Coeficiente de resistência à evolução da fendilhação: CREF = G/Fr max

Quadro 5 – Requisitos estabelecidos para as características de comportamento à água e ao clima das argamassas de revestimento para edifícios antigos

Uso	Comportamento à água					Envelhecimento artificial acelerado
	Ensaio clássico		Ensaio com humidímetro			
	S _D (m)	C (kg/m ² .h ^{1/2})	M (h)	S (h)	H (mv.h)	
Reboco exterior	< 0,08	< 12; > 8	> 0,1	< 120	< 16 000	Médio: degradação moderada nos ciclos água/gelo
Reboco interior	< 0,10	-	-	< 120	-	
Juntas	< 0,10	< 12; > 8	> 0,1	< 120	< 16 000	

S_D - espessura da camada de ar de difusão equivalente (valor relacionado com a permeância); C - coeficiente de capilaridade; 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 x 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.

4.4 – Método de selecção da argamassa de substituição a usar

Tendo em conta os requisitos definidos, pareceria, à partida, que o método ideal de selecção de uma argamassa de substituição se resumiria ao seguinte:

- caracterizar a argamassa pré-existente, identificando a sua constituição qualitativa e quantitativa;
- reproduzir essa argamassa;
- aplicá-la segundo as técnicas tradicionais na época original.

No entanto, esta via revela-se, só por si, insuficiente.

De facto, embora as técnicas mais recentes [11] permitam uma determinação da composição já relativamente rigorosa no que se refere aos constituintes minerais existentes no momento da análise, não é ainda possível determinar com rigor a existência de adjuvantes orgânicos (eram usados, por exemplo, leite, sangue de animais, gorduras animais ou vegetais, etc.), mais difíceis de detectar e também passíveis de sofrer maiores transformações ao longo do tempo. Apesar de, geralmente, serem usados em pequenas quantidades, estes adjuvantes tinham uma influência significativa no desempenho das argamassas antigas (à semelhança, aliás, do que se passa com os adjuvantes modernos nas argamassas actuais). As próprias adições minerais com propriedades pozolânicas são difíceis de identificar e quantificar completamente. Também a evolução, ao longo do tempo, da constituição das argamassas, não pode ser traçada pelas técnicas descritas e pode tornar as argamassas ensaiadas suficientemente diferentes das originais para que não seja seguro *copiá-las* tal qual. De facto, as argamassas sofrem processos dinâmicos, estão em constante evolução, e é de todo impossível reproduzir a sua história, os processos de cristalização, dissolução e recristalização ao longo do tempo e as complexas reacções, a longo prazo, entre ligantes e agregados, que tornam muito difícil determinar, com precisão, o ligante original.

Por outro lado, é ainda maior a dificuldade de identificar as tecnologias utilizadas na sua execução e aplicação, assim como as condições climáticas na altura da aplicação e nos dias que se lhe seguiram. Ora estes factores têm uma influência decisiva na microestrutura final da argamassa e no seu comportamento. Quer a experiência existente, quer os ensaios realizados, demonstram que duas argamassas com composição idêntica podem ter comportamento e, principalmente, durabilidade muito diferentes conforme as condições no momento da aplicação, as tecnologias usadas, as características do suporte e a perícia do executante.

Ou seja, ao tentar reproduzir a composição de uma argamassa antiga, sem outros dados para além dos resultados dos ensaios de identificação, corre-se o risco de se obter uma argamassa com um comportamento extremamente diferente e, porventura, incapaz de cumprir as funções que lhe cabem no edifício.

Assim, o processo de selecção da composição de uma argamassa de reboco, ou de refechamento de juntas, deve, idealmente, ser um processo iterativo (método holístico, ou método de engenharia inversa, como é designado por alguns autores) [7, 19, 21, 23] com os seguintes passos:

- i) determinação da constituição aproximada e das características físicas e mecânicas da argamassa existente no edifício;
- ii) preparação de uma argamassa semelhante, em termos de constituição e de aparência, com ligante baseado em cal aérea e com agregados semelhantes, preferencialmente locais;
- iii) realização de ensaios para verificação dos requisitos mínimos e, adicionalmente, da semelhança das principais características;
- iv) correcções à formulação experimentada, de forma a aproximar as características;
- v) repetição das etapas ii a iv até que se atinja uma semelhança razoável das características fundamentais e seja, portanto, previsível um comportamento adequado;
- vi) realização de painéis experimentais em obra;
- vii) de novo, se necessário, realização de correcções à formulação experimentada.

Em edifícios de menor interesse monumental e histórico, quando não é possível cumprir todas as etapas apontadas, deve contudo manter-se o seguinte programa mínimo:

- i) preparação de uma argamassa de constituição semelhante a uma já testada em edifícios do tipo e época do edifício em estudo, ligante baseado em cal aérea e com agregados semelhantes, preferencialmente locais, e tendo em conta eventuais circunstâncias específicas desse edifício que possam implicar adaptações, quer de funcionalidade, quer de aparência;
- ii) realização de ensaios para verificação dos requisitos mínimos;
- iii) se necessário, realização de correcções à formulação experimentada;
- iv) realização de painéis experimentais em obra;
- v) de novo, se necessário, realização de correcções à formulação experimentada.

Nestes casos, pode ser utilizada, em alternativa, uma argamassa pré-doseada de características conhecidas, desde que verifique os requisitos mínimos (comprovadamente, através de ensaios em laboratório idóneo) e seja esteticamente compatível. Esta opção permite, no limite, reduzir o processo de selecção a um único passo:

- i) preparação de uma argamassa pré-doseada de características bem conhecidas e adequadas.

5 – RESULTADOS EXPERIMENTAIS

5. 1 – Argamassas

As exigências referidas atrás têm sido aplicadas a argamassas dos vários tipos referidos como soluções possíveis, com o objectivo de definir campos de aplicação e apontar caminhos a seguir [14]. Apresentam-se aqui alguns desses resultados, a título indicativo. É importante salientar que, para cada caso, se estudou apenas uma ou, no máximo, duas argamassas diferentes e que, em alguns casos, isso pode não ser significativo. Por exemplo outros tipos de cal hidráulica, quer natural quer artificial, podem originar melhores resultados. Do mesmo modo, traços de argamassas bastardas um pouco diferentes podem resultar em melhorias significativas de comportamento. Finalmente, as argamassas pré-doseadas estudadas não podem, de modo algum, ser consideradas representativas das argamassas pré-doseadas existentes para esse fim, pois há, como foi dito, uma grande diversidade de formulações e muitas outras poderão ser preparadas. No entanto, os resultados aqui apresentados fornecem indicações relevantes para a escolha de soluções e apontam pistas para aprofundar o estudo dos aspectos mal esclarecidos.

A campanha experimental incidiu sobre argamassas com as composições discriminadas no Quadro 6.

Quadro 6 – Composição das argamassas

Argamassa		Composição	
Tipo	Refª	Dosagem Volumétrica	Constituintes
Cimento (para comparação)	Ci4	1:4	Cimento : areia do rio
	Ci4a	1: (2+2)	Cimento : (areia do rio + areia de Corroios)
Cal hidráulica	CH4	1:4	Cal hidráulica natural : areia do rio
	CHA3	1:3	Cal hidráulica artificial : areia predominantemente siliciosa com granulometria estudada
	CHA3a	1 : (1,5+1,5)	Cal hidráulica artificial : (areia do rio + areia de Corroios)
Bastardas de cal aérea e cimento	CACI3	1:3:12	Cimento branco : cal aérea : areia predominantemente siliciosa com granulometria estudada
	CACI1	1:1:6	Cimento : cal aérea : areia do rio
Cal aérea	CA3	1:3	Cal aérea em pó : areia predominantemente siliciosa com granulometria estudada
	CA3a	1: (1,5+1,5)	Cal aérea em pó : (areia do rio + areia de Corroios)
	CAP	1:0,5:2,5	Cal aérea em pó : pozolana : areia predominantemente siliciosa com granulometria estudada
	CAF	1:1,5+1,5	Cal aérea de fabrico especial (carácter hidrófugo) : areia do rio + areia de Corroios
Pré-doseadas	PD-H	-	Argamassa pré-doseada de cal hidráulica artificial
	PD-CH	-	Argamassa pré-doseada de cal hidráulica artificial e cal aérea
	PD-CA	-	Argamassa pré-doseada de cal aérea

5. 2 – Ensaios e resultados

Determinaram-se as características definidas nos quadros 4 e 5. Os métodos de ensaio utilizados foram, sempre que possível, os constantes das Normas Europeias ou dos Projectos de Normas Europeias para argamassas de revestimento (EN 1015, Partes 1 a 21). Os ensaios não normalizados foram definidos e testados no LNEC, sendo este o caso do ensaio de retracção restringida, que permite determinar a força máxima desenvolvida e a energia de rotura [24], do ensaio de capacidade de protecção à água [2, 25] e do ensaio de envelhecimento artificial acelerado [18]. As argamassas de cimento, as de cal hidráulica natural e as bastardas com teor de cal não superior ao de cimento foram ensaiadas aos 28 dias, enquanto as restantes argamassas foram ensaiadas aos 90 dias.

Os resultados obtidos, compilados nos quadros 7 e 8, comparam-se com os requisitos especificados em estudos anteriores, que se sintetizam nos quadros 4 e 5.

Quadro 7 – Resultados dos ensaios às características mecânicas das argamassas

Argamassa	Características mecânicas (MPa)			Aderência (MPa)	Comportamento à retração restringida			
	Rt	Rc	E		F _{máx} (N)	G (N.mm)	CSAF	CREF (mm)
Ci4	1,1 Forte demais	3,2 Forte demais	6600 Rígido demais	0,07 (a) Insuficiente	135 Forte demais	60	1,9	0,5 Frágil demais
Ci4a	1,7 Forte demais	6,9 Forte demais	9805 Rígido demais	-	133 Forte demais	84	2,1	0,6 Frágil demais
CH4	0,2 Fraco demais (juntas)	0,6	3025	0,12	59	55	1,2 Insuficiente	0,9
CHA3	0,95 Forte demais	2,60 Forte demais (rebocos)	7510 Rígido demais	0,10	100 Forte demais	60	2,8*	0,7
CHA3a	1,15 Forte demais	3,10 Forte demais	7399 Rígido demais	0,12	210 Forte demais	96	1,1 Insuficiente	0,5 Insuficiente
CACI3	0,70	1,86	5671	0,12	75	51	2,9	0,8
CACI1	0,8	2,9 Forte demais	4770	0,1 (c+a)	49	58	3,0	1,2
CA3	0,34	1,28	4098	0 Insuficiente	59	73	1,4	1,2
CA3a	-	-	-	-	53	44	2,2	0,8
CAP	0,56	2,00	4521	0,14	79	61	2,2	0,8
CAF	0,24	0,63	2255	0 Insuficiente	47	31 Frágil demais	2,6	0,7
PD-H	0,84	2,54	2933	0,05 (c)	47	34 Frágil demais	2,6	0,7
PD-CH	0,40	0,98	1640 Deformável demais	0,11 (a)	68	46	2,1	0,7
PD-CA	0,63	1,5	2740	0,09 (c+a)	54	27 Frágil demais	3,8	0,6 Frágil demais

c – rotura coesiva; a – rotura adesiva;

*Grande heterogeneidade de resultados: alguns provetes fendilharam.

Quadro 8 – Resultados dos ensaios às características de comportamento à água das argamassas

Argamassa	Comportamento à água					Envelhecimento artificial acelerado
	Ensaio clássico		Ensaio com humidímetro			
	S _D (m)	C kg/m ² .h ^{1/2}	M (h)	S (h)	H (mv.h)	
Ci4	0,09 Insuficiente (para reboco exterior)	12,6	0,10	120	14000 Excessivo	Bom: sem degradação
Ci4a	-	9,3	-	-	-	Bom: sem degradação
CH4	-	14,5 Excessivo	-	-	-	-
CHA3	0,075	10,1	0,50	38	8639	Médio: descolagem nos ciclos água/gelo
CHA3a	0,075	14,7 Excessivo	0,50	72	15228	Médio: descolagem nos ciclos água/gelo
CACI3	0,050	9,5	0,17	38	7408	Bom: sem degradação
CACI1	0,10	14,2 Excessivo	0,10	90	10870	Bom: sem degradação
CA3	0,050	10,1	0,17	30	9244	Mau: descolagem e queda nos ciclos calor/frio
CA3a	-	-	0,10	96	-	Médio: degradação nos ciclos água/gelo
CAP	0,035	9,5	0,17	34	7923	Médio: degradação nos ciclos água/gelo
CAF	0,075	0,27 Insuficiente	*	*	*	Bom: sem degradação
PD-H	0,070	7,5	0,50	81	20827 Excessivo	Bom: sem degradação
PD-CH	0,07	0,68 Insuficiente	0,60	560 Excessivo	49790 Excessivo	-
PD-CA	0,06	1,93 Insuficiente	0,75	450 Excessivo	36720 Excessivo	-

* Não foi possível obter molhagem do suporte apesar de se ter prolongado o ensaio, o que atesta o carácter hidrófugo da argamassa

5.3 – Discussão dos resultados

Os aspectos analisados neste trabalho permitem apontar as argamassas com base em cal aérea – com cal aérea como único ligante, aditivada com pozolanas ou em mistura com teores reduzidos de cimento – como as mais adequadas para revestimentos de paredes antigas. Permitem também evidenciar os riscos da hidrofugação

em argamassas para esse fim. O estudo cuidadoso das misturas de areias mais apropriadas surge como essencial para melhorar o desempenho de argamassas com base em cal. Por outro lado confirma-se como um caminho a prosseguir o uso de aditivos que confirmem alguma hidraulicidade à argamassa sem prejudicar a capacidade de secagem do suporte.

As argamassas pré-doseadas, de composições muito variáveis, têm que ser estudadas caso a caso, não podendo ser extrapoladas conclusões gerais. No entanto verifica-se que não devem ser aceites de forma acrítica, já que podem apresentar alguns problemas.

Vários aspectos de grande importância ficaram mal esclarecidos ou por analisar. Assim, como se referiu inicialmente, é importante identificar e determinar os teores de sais solúveis dos vários tipos de argamassas, bem como o seu grau de perigosidade para as paredes antigas. Outras eventuais interacções químicas entre argamassas e alvenarias devem, também, ser tidas em consideração. Estes aspectos podem ser condicionantes e, tanto quanto se sabe actualmente, parecem desaconselhar desde já o uso do cimento Portland. O estudo da durabilidade face às acções climáticas não foi conclusivo, devendo ser melhorada a representatividade dos provetes.

6 – TÉCNICAS DE APLICAÇÃO

O estudo da variação de diferentes parâmetros de aplicação e da sua influência no comportamento de uma argamassa sempre com a mesma composição [26] tem permitido tirar algumas conclusões, esperando-se resultados mais conclusivos a muito curto prazo.

O acompanhamento de aplicações em painéis experimentais (fig. 17) em várias condições e a sua observação ao longo do tempo permitiram confirmar que as técnicas de aplicação de argamassas de revestimento têm um papel crucial nas características finais desses revestimentos, verificando-se, nomeadamente, os seguintes aspectos:

- Uma quantidade de água controlada, conduzindo a uma argamassa mais consistente (fig. 18), embora sendo mais difícil de aplicar, resulta num revestimento mais compacto, com uma maior capacidade resistente, menor tendência para fissurar e menor permeabilidade à água.
- A amassadura com betoneira pode não ser a mais indicada para este tipo de argamassa, devendo ser complementada com uma amassadura manual ou com berbequim, para garantir uma mistura perfeita.
- O aperto da massa contra o suporte é muito importante já que contribui para garantir uma maior compacidade e uma menor fendilhação.
- Um maior número de camadas, de menor espessura cada uma, diminui as tensões de retracção, reduzindo também a fissuração e melhorando a capacidade de impermeabilização.
- Uma maior exposição à radiação solar, embora facilite o endurecimento do revestimento, poderá, como consequência, aumentar a fissuração. Pelo contrário, uma fraca exposição poderá atrasar a carbonatação e comprometer o comportamento a longo prazo.

A análise dos resultados de ensaios efectuados sobre os referidos painéis, a realizar brevemente, permitirá tirar conclusões mais seguras e avaliar outros aspectos da aplicação.

A aplicação em obra deste tipo de cuidados de execução é cada vez mais rara, principalmente devido à pressão para reduzir tempos de execução. Contudo, dada a sua importância comprovada para a qualidade final dos

revestimentos, poderá valer a pena fazer o esforço, ou procurar soluções alternativas em que se consigam bons desempenhos e durabilidades com melhores rendibilidades.

7 – CONCLUSÕES

Em síntese, as intervenções em revestimentos de edifícios antigos devem respeitar as seguintes acções:

- Selecção do tipo de intervenção, que deve ser o menos intrusiva possível, respeitando os critérios esquematizados no Quadro 1.
- Selecção das técnicas e dos materiais a usar, tendo em conta os requisitos de compatibilidade referidos em 4.2 e 4.3 e os aspectos referidos em 6.

No que diz respeito às argamassas de substituição, esta selecção constitui um processo iterativo, partindo-se de hipóteses de formulações, normalmente baseadas na semelhança de constituição com o material original, e verificando-se depois, através de ensaios de laboratório e *in situ*, qual o desvio em relação às exigências estabelecidas.

A importância histórica e arquitectónica do edifício determina o grau de aproximação exigido, portanto também o número limite de iterações a realizar.

As tecnologias de execução e aplicação das argamassas têm uma influência tão relevante como a composição no seu desempenho. Assim, considera-se que as especificações relativas à composição da argamassa de substituição devem ser acompanhadas de uma descrição técnica detalhada das tecnologias de aplicação propostas, devendo ainda o pessoal envolvido na execução dos rebocos ter a formação e o treino adequados a tal tarefa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. HENRIQUES, Fernando M. A.- **Humidade em paredes**. Lisboa, LNEC, 2001 (3a.edição).
2. VEIGA, M. do Rosário – **Protecção contra água de paredes de edifícios antigos. Avaliação experimental da capacidade de protecção de argamassas de reboco com base em cal**. Comunicação apresentada no *Encontro Nacional sobre Conservação e Reabilitação de Estruturas, REPAR 2000*, Lisboa, LNEC, Junho de 2000, pp. 217-226.
3. VEIGA, M. Rosário; AGUIAR, José – **Definição de estratégias de intervenção em revestimentos de edifícios antigos**. *Proceedings do 1º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios*, Porto, FEUP, Março de 2003.
4. MATEUS, João Mascarenhas – **Técnicas tradicionais de construção de alvenarias, Lisboa**, Livros Horizontes, 2002.
5. GONÇALVES, Teresa – **Guarnecimentos tradicionais para paredes exteriores de edifícios antigos**. Lisboa: LNEC, Janeiro de 1996. Relatório 11/96-NCCt.
6. AGUIAR, José – **Estudos cromáticos nas intervenções de conservação em Centros Históricos. Base para a sua aplicação à realidade portuguesa**. Tese desenvolvida no LNEC e apresentada à Universidade de Évora para a obtenção do grau de Doutor em Conservação do Património Arquitectónico. Évora, EU-LNEC, 1999.
7. VEIGA, M. Rosário *et al.* – **Methodologies for characterisation and repair of mortars of ancient buildings**. *International Seminar Historical Constructions 2001*. Guimarães: Universidade do Minho, Novembro de 2001.
8. VEIGA, M. Rosário & CARVALHO, Fernanda – **Argamassas de reboco para edifícios antigos. Requisitos e características a respeitar**. *Cadernos de Edifícios, nº 2*. Lisboa: LNEC, Outubro de 2002.
9. MAGALHÃES, Ana Cristian – **Patologia de rebocos antigos**. *Cadernos de Edifícios, nº 2*. Lisboa: LNEC, Outubro de 2002.

10. MAGALHÃES, Ana Cristian; VEIGA, M. Rosário; CARVALHO, Fernanda – **Diagnosis of anomalies of wall renderings. Experimental techniques for in situ application.** Proceedings do XXX IAHS World Congress on Housing Coimbra, Setembro de 2002.
11. SANTOS SILVA, António - **Caracterização de argamassas antigas – casos paradigmáticos.** *Cadernos de Edifícios*, nº 2. Lisboa: LNEC, Outubro de 2002.
12. MAGALHÃES, Ana Cristian; COSTA, Dória; VEIGA, M. Rosário – **Diagnóstico de anomalias de revestimentos de paredes com técnicas de ensaio in situ. Avaliação da resistência mecânica.** Actas do 3º ENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa, LNEC, Maio de 2003.
13. VEIGA, M. Rosário; JUNIOR, João - **Definição de um método de ensaio de absorção de água por capilaridade para amostras** de argamassa irregulares e friáveis. Lisboa, LNEC, Junho de 2000. Procº 020/14/13732, Procº interno 083/541/473. Relatório 140/00-NCCt.
14. VEIGA, M. Rosário – **Argamassas para revestimento de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes.** Actas do 3º ENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa, LNEC, Maio de 2003.
15. VELOSA, Ana; VEIGA, M. Rosário – **The use of pozzolans as additives in lime mortars for employment in building rehabilitation.** In International Seminar “Historical Constructions 2001”, Proceedings. Guimarães, Universidade do Minho, Novembro de 2001.
16. VEIGA, M. Rosário - **Methodology to evaluate the cracking susceptibility of mortars. Selection criteria of rendering and repointing mortars for ancient buildings.** Comunicação convidada ao Seminário “Malte a vista com sable locali nella conservazione degli edifici storici”, Turim, Politecnico di Torino, Julho de 2000.
17. MOROPOULOU, A. et al. – **Non-destructive evaluation of the performance of mortars on historic masonries.** Proceedings of the workshop *Compatible Materials Recommendations for the Preservation of European Cultural Heritage*. Atenas, 1998.
18. VEIGA, M. Rosário; CARVALHO, Fernanda – **Some performance characteristics of lime mortars for use on rendering and repointing of ancient buildings.** *5th International Masonry Conference*, Londres, 1998. LNEC, Colecção Comunicações, COM 15, Lisboa, 1998.
19. PAPAYIANNI, Ioanna – **Criteria and methodology for manufacturing compatible repair mortars and bricks.** Proceedings of the workshop *Compatible Materials Recommendations for the Preservation of European Cultural Heritage*. Atenas, 1998.
20. DUFFY, A. P.; COOPER, T. P.; PERRY, S. H. – **Repointing mortars for conservation of a historic stone building in Trinity College.** *Materials and Structures*, nº 26, 1993.
21. VÁLEK, Jan; HUGHES, John J.; BARTOS, Peter J. M. – **Compatibility of historic and modern lime mortars.** Proceedings of the *12th International Masonry Conference*, Madrid, Junho de 2000.
22. BARSOTELLI, M. et al. – **Transport of fluids in the plaster-masonry system.** Proceedings of the workshop *Compatible Materials Recommendations for the Preservation of European Cultural Heritage*. Atenas, 1998.
23. MOROPOULOU, A; BAKOLAS, A. – **Range of acceptability limits of physical, chemical and mechanical characteristics deriving from the evaluation of historic mortars.** Proceedings of the workshop *Compatible Materials Recommendations for the Preservation of European Cultural Heritage*. Atenas, 1998.
24. 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.
25. 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.
26. CAVACO, Luís; VEIGA, M. Rosário; GOMES, A. – **Render application techniques for ancient buildings.** Proceedings of 2nd International Symposium on Building Pathology, Durability and Rehabilitation, Lisboa, LNEC, CIB, November 2003.

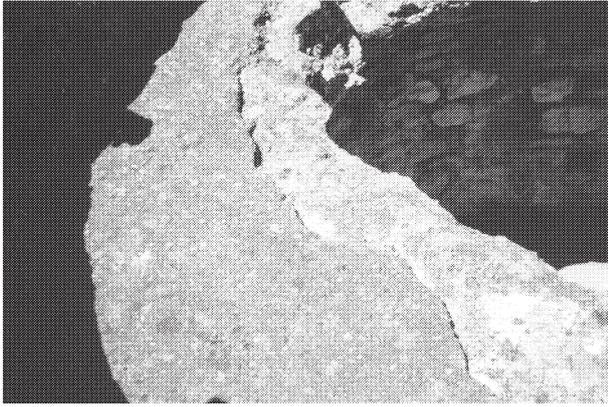


Fig. 1 – Revestimento antigo em várias camadas

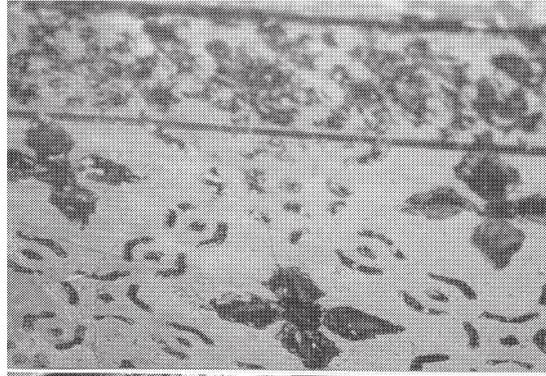


Fig. 2 - Fingidos de azulejo

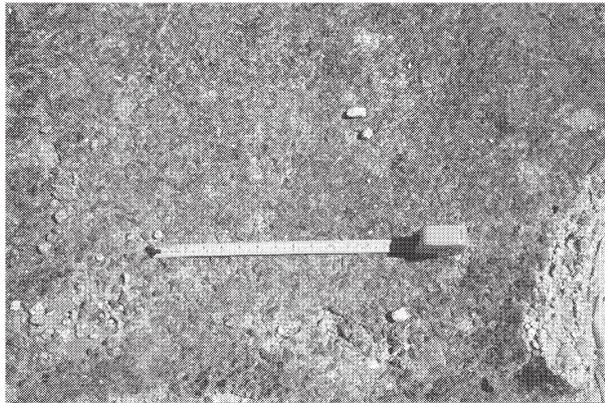


Fig. 3 – Ruínas de Tróia (séc. I)

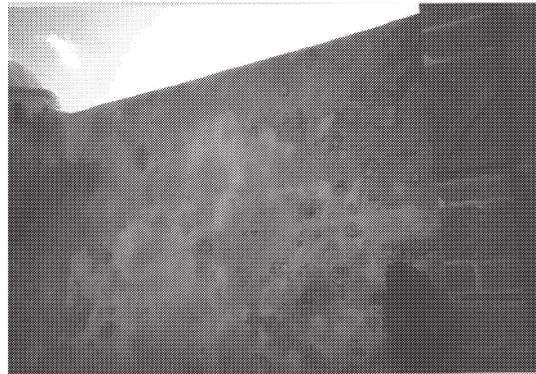


Fig. 4 – Revestimentos de substituição num Forte, com eflorescências e erosão



Fig. 5 – Reboco antigo com degradação superficial, mas muito são e coeso

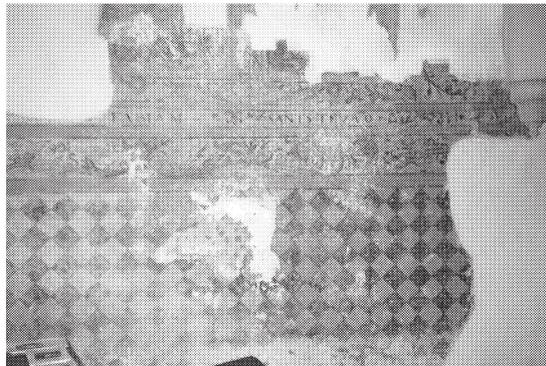


Fig. 6 - Fingidos de azulejo: apesar da degradação avançada é um valor a preservar



Fig. 7 – Ensaio de penetração controlada



Fig. 8 – Ensaio com ultra-sons

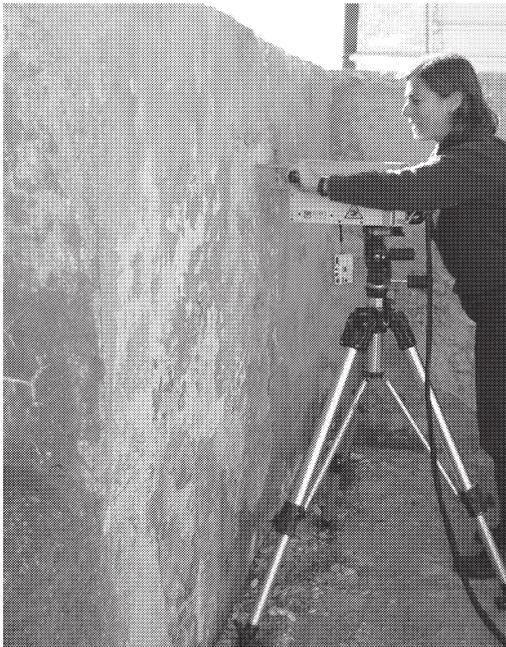


Fig. 9 – Ensaio de micro-perfuração

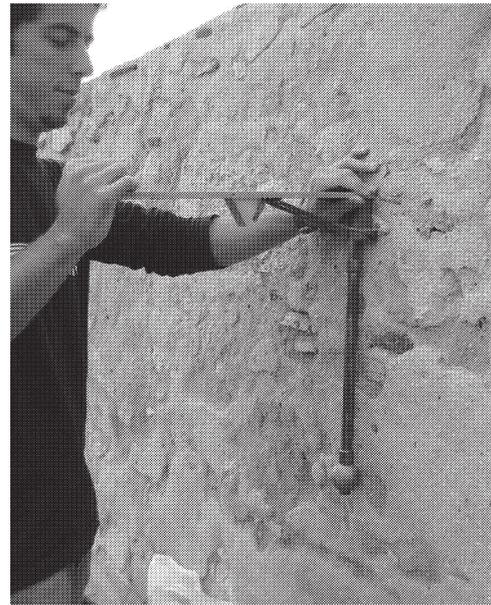


Fig. 10 – Ensaio de choque de esfera

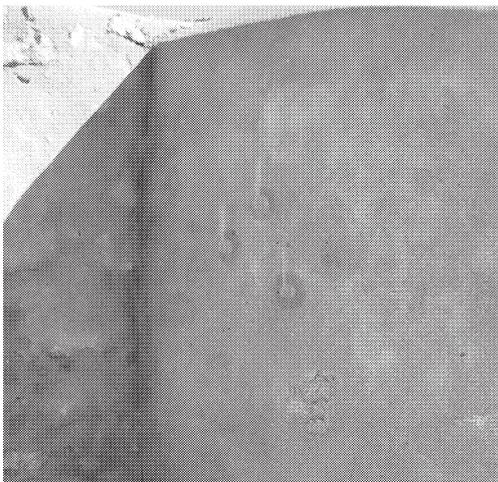


Fig. 11 – Ensaio com tubos de Carsten



Fig. 12 – Ensaio de capilaridade



Fig. 13 – Argamassa de cimento em parede antiga.
Patologia comum

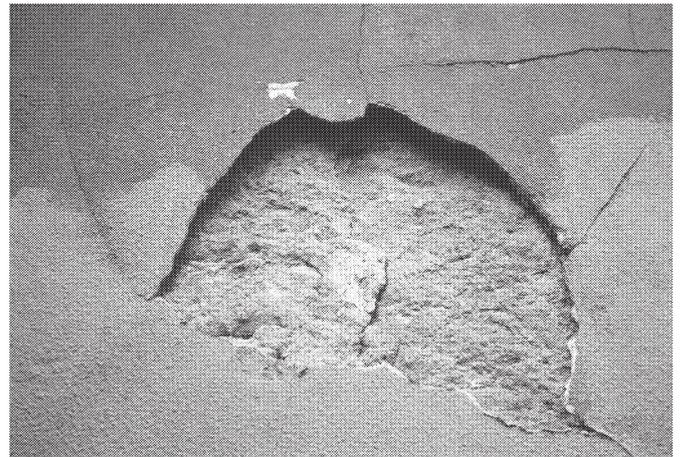


Fig. 14 – Argamassa de cimento sobre camada de cal.
Patologia comum



Fig. 15 – Forte revestido com argamassa bastarda fraca

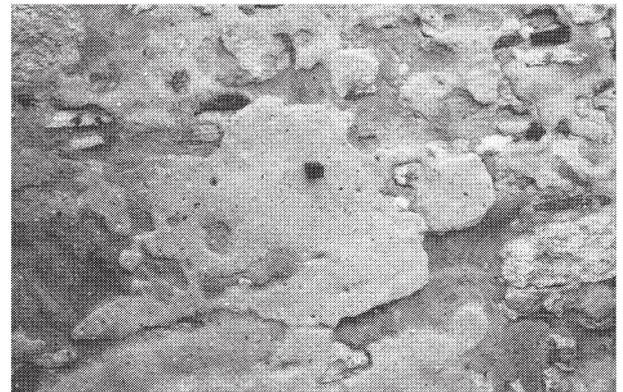


Fig. 16 – Argamassa recente de cal apagada com
gordura: perda de coesão e erosão



Fig. 17 – Vista de parte dos painéis realizados para
estudo das técnicas de aplicação



Fig. 18 – Método empírico de verificar a boa
consistência de uma argamassa de cal

