

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.

Argamassas para revestimento de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes.

Rendering mortars for ancient buildings' walls. Characteristics and application field of some current formulations.

Maria do Rosário Veiga

Engenheira Civil, Investigadora Auxiliar, LNEC, Lisboa, Portugal, rveiga@lneec.pt

SUMÁRIO: Na presente comunicação apresentam-se os resultados de uma campanha experimental sobre um conjunto de formulações de argamassas vocacionadas para revestimentos de edifícios antigos - argamassas tradicionais de cal aérea e de cal hidráulica e produtos pré-doseados com base em cal - e discutem-se as respectivas características. Com base na análise dos requisitos exigíveis para algumas situações padrão, avalia-se a adequabilidade e definem-se campos de aplicação para os tipos de argamassas estudadas. Analisa-se também a influência de alguns parâmetros de formulação nas características mais relevantes para o comportamento dos revestimentos de paredes antigas.

PALAVRAS-CHAVE: *revestimentos, argamassas de cal, edifícios antigos, ensaios, exigências*

ABSTRACT: *The results of an experimental campaign, on several mortar formulations oriented for ancient buildings' renders are presented in the present paper – air lime and hydraulic lime traditional mortars and lime based pre-dosed products – and their characteristics are discussed. Based on the analysis of established requirements for some standard situations, their adequability is evaluated and application fields are defined for the studied mortars. The influence of formulation parameters on the most relevant characteristics for old wall renders behaviour are analysed as well.*

KEYWORDS: *renders, lime mortars, ancient buildings, tests, requirements.*

INTRODUÇÃO

Nas intervenções em edifícios antigos a primeira opção a considerar deve ser a conservação dos revestimentos existentes, se necessário recorrendo a reparações pontuais, ou, se tal se justificar pelo valor do edifício ou do seu revestimento, a operações de consolidação.

Quando se verifica a necessidade de substituir, parcialmente ou na totalidade, as argamassas existentes, devem escolher-se argamassas adequadas a esse uso específico, verificando determinados requisitos funcionais e estéticos.

Em geral, pelo contrário, a opção entre as várias soluções disponíveis faz-se sem base científica, nomeadamente sem conhecimento das características da argamassa seleccionada e sem um domínio claro do quadro de exigências a cumprir.

Embora as argamassas a usar devam ser adaptadas a cada situação – tendo em conta factores como as características do suporte, o tipo de edifício e a respectiva época de construção, o clima da região e as condições ambientais a que está sujeito – os ensaios e observações realizadas até ao momento permitiram definir características e estabelecer limites que se considera garantirem, de um modo geral, um comportamento adequado para os suportes mais correntes no Sul do nosso País, levando, portanto, ao cumprimento dos requisitos funcionais [1], desde que sejam cumpridas as boas regras de aplicação. Naturalmente, os requisitos estéticos baseiam-se noutra tipo de critérios [2] e têm que ser avaliados caso a caso.

SOLUÇÕES POSSÍVEIS

Muitas argamassas têm sido recomendadas para revestimentos de edifícios antigos. As soluções usadas enquadram-se, normalmente, nos seguintes tipos:

Argamassas de cimento

Argamassas de cal hidráulica natural

Argamassas de cal hidráulica artificial

Argamassas de cal aérea e cimento

Argamassas de cal aérea

Argamassas de cal aérea aditivada

Com pozolanas, pó de tijolo e outros aditivos minerais

Com “gordura”

Argamassas pré-doseadas

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, como uma rigidez excessiva e uma capacidade limitada de permitir a secagem da parede.

Por outro lado, as argamassas de cal aérea, de composição mais próxima das argamassas antigas, portanto mais capazes de assegurar um aspecto estético compatível, têm

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. Por muito que tal custe ao nosso orgulho temos que reconhecer que não dominamos a tecnologia da cal e que é provavelmente por essa razão que obtemos maus resultados.

As argamassas intermédias entre estes dois extremos procuram melhorar algumas características sem trazer os piores inconvenientes.

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.

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 e a sua influência encontra-se em estudo.

O presente trabalho debruça-se sobre os materiais, fixando, tanto quanto possível, os restantes parâmetros.

Em estudos anteriores [1, 3] definiram-se as características básicas a respeitar por argamassas a seleccionar para revestir paredes de edifícios antigos. Essas exigências são agora aplicadas a um conjunto de argamassas dos vários tipos referidos como soluções possíveis, com o objectivo de definir campos de aplicação e apontar caminhos a seguir. É importante fazer notar 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, o presente trabalho fornece indicações relevantes para a escolha de soluções e aponta pistas para aprofundar o estudo dos aspectos mal esclarecidos.

CAMPANHA EXPERIMENTAL

A campanha experimental incidiu sobre argamassas com as composições discriminadas no Quadro 1.

Determinaram-se as características definidas em estudos anteriores como mais relevantes [1, 3]. 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 em estudos anteriores do LNEC, sendo este o caso do ensaio de retracção restringida, que permite determinar a força máxima desenvolvida e a energia de rotura [4, 5], do ensaio de capacidade de protecção à água [6] e do ensaio de envelhecimento artificial acelerado [7]. 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 3 e 5, foram comparados com os requisitos especificados em estudos anteriores, que se sintetizam nos quadros 2 e 4.

Quadro 1 – Composição das argamassas

ARGAMASSA		COMPOSIÇÃO	
TIPO	REF ^a	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

Quadro 2 – Requisitos estabelecidos para características mecânicas das argamassas

Uso	Características Mecânicas (MPa)			Aderência (MPa)	Comportamento à retração restringida			
	Rt	Rc	E		F _{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_{máx} – Força máxima induzida por retração restringida; G – Energia de rotura à tracção; CSAF – Coeficiente de segurança à abertura da 1ª fenda; CREF – Coeficiente de resistência à evolução da fendilhação.

Quadro 3 – 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	2,60 Forte demais (rebocos)	7510 Rígido demais	0,10	100 Forte demais	60	2,8*	0,7

c – rotura coesiva; a – rotura adesiva

*Grande heterogeneidade de resultados: alguns provetes fissuraram

Quadro 3 – Resultados dos ensaios às características mecânicas das argamassas (cont.)

Argamassa	Características Mecânicas (MPa)			Aderência (MPa)	Comportamento à retracção restringida			
	Rt	Rc	E		F _{máx} (N)	G (N.mm)	CSAF	CREf (mm)
CHA3a	1,15	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

Quadro 4 – Requisitos estabelecidos para características de comportamento à água e ao clima

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; S - período de humedecimento; H - intensidade de molhagem.

Quadro 5 – 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

Quadro 5 – Resultados dos ensaios às características de comportamento à água das argamassas (cont.)

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)	
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

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No que se refere ao comportamento mecânico, os resultados dos ensaios realizados comprovam que, de acordo com os critérios estabelecidos, as argamassas de cimento são demasiado “fortes” e rígidas, transmitem ao suporte forças que se consideram excessivas e têm uma rotura demasiado frágil. Confirma-se, assim, que são argamassas pouco adequadas para paredes antigas, tendendo a degradar as alvenarias fracas por transmissão de esforços elevados e a fendilhar por dificuldade em acomodar as deformações elevadas que são expectáveis nesse tipo de alvenarias.

A argamassa bastarda com teor de cimento idêntico ao de cal aérea é, ainda, demasiado “forte”, mas as restantes características encontram-se dentro de limites aceitáveis. A argamassa bastarda de baixo teor de cimento apresenta já características mecânicas consideradas adequadas.

As argamassas com cal hidráulica artificial, são, também, demasiado “fortes”, rígidas e susceptíveis à fendilhação, com excepção da argamassa pré-doseada de cal hidráulica e cal

aérea que apresenta, de um modo geral, boas características. Pelo contrário, a argamassa de cal hidráulica natural aparece como excessivamente fraca, pelo menos para juntas. Contudo, faz-se notar que se usou uma dosagem mais baixa de ligante (1:4) que no caso da cal hidráulica artificial (1:3), por se acreditar inicialmente que seria mais forte.

As argamassas de cal aérea apresentam, de um modo geral, características mecânicas aceitáveis, com exceção da pré-doseada, que é demasiado frágil. A argamassa de cal e pozolana parece apresentar as melhores características.

A aderência ao suporte é fraca em todos os casos, mas em especial nas argamassas de cal. No entanto, é importante notar que o suporte usado – tijolo corrente actual – não é representativo dos suportes antigos, por ser menos absorvente e mais liso, o que se traduz numa redução da aderência. As condições de realização deste ensaio terão que ser melhoradas no futuro.

No que se refere ao comportamento à água, verifica-se que as argamassas de cimento e as argamassas com carácter hidrófugo (CAF e pré-doseadas) mostram tendência para reter a água no suporte, dificultando a sua secagem, o que pode contribuir significativamente para a degradação geral da construção.

De um modo geral, as argamassas de cal aérea e de cal hidráulica sem hidrofugação apresentam boas características de comportamento à água, o mesmo se passando, ainda, com as argamassas bastardas de cimento e cal aérea.

Os ensaios de envelhecimento artificial acelerado, com ciclos calor/gelo, calor/chuva e chuva/gelo, mostram que as argamassas de cal sem aditivos são as que pior resistem às acções climáticas. No entanto, é importante notar que a degradação mais precoce se dá, essencialmente, por descolagem do suporte seguida de destacamento. Ora, como se referiu atrás, a reduzida aderência das argamassas aos tijolos usados como suporte não pode considerar-se significativa, por não serem reproduzidas as condições reais. Assim, também estes ensaios terão de ser, no futuro, repetidos em condições mais representativas.

Em síntese, verifica-se que as argamassas de cimento são inadequadas, quer do ponto de vista da resistência mecânica, quer no que se refere ao comportamento à água; as argamassas de cal hidráulica artificial ensaiadas são, também, demasiado fortes e rígidas; as argamassas com hidrofugação são inadequadas do ponto de vista do comportamento à água; as argamassas com base em cal aérea são as que apresentam, no geral, melhores características, embora seja necessário aumentar a sua durabilidade. A adição de pozolanas parece um bom caminho a explorar.

As areias mostram influenciar o comportamento das argamassas, quer no que se refere à curva granulométrica quer à sua natureza. Assim, o uso de apenas areia do rio Tejo originou argamassas mais fracas e porosas e mais susceptíveis à degradação, enquanto as misturas de areia do rio Tejo e areia amarela de Corroios conduziram a argamassas mais resistentes e fortes. Finalmente, as misturas de areias estudadas resultaram em características significativamente melhoradas.

CONCLUSÕES

Os aspectos analisados neste trabalho permitem apontar as argamassas com base em cal aérea – com cal aérea como único ligante, 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 confiram 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 interações 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.

REFERÊNCIAS

1. VEIGA, M. Rosário; AGUIAR, José; SANTOS SILVA, António; CARVALHO, Fernanda; CÓIAS e SILVA, Vítor – *Metodologias para caracterização e conservação de argamassas de revestimento de edifícios antigos.* Lisboa: LNEC, Outubro de 2001. Relatório final do Projecto OLDRENDERS, co-financiado pela Agência de Inovação.
2. AGUIAR, José – *Dos problemas aos conceitos: conservação, restauro e renovação de revestimentos exteriores em centros históricos.* Conferência a apresentar ao 1º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios. Porto: FEUP, Março de 2003.
3. VEIGA, M. Rosário; CARVALHO, Fernanda – *Argamassas de reboco para paredes de edifícios antigos. Requisitos e características a respeitar.* Lisboa: LNEC, Outubro de 2002. Cadernos de Edifícios, nº 2.
4. 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. Coleção Teses de Doutoramento.
5. VEIGA, M. Rosário - *A methodology to evaluate the cracking susceptibility of renders: equipment, tests and criteria. Experimental data.* Lisboa: LNEC, 1998. Coleção Comunicações COM 16 (5th International Masonry Conference, Londres, 1998).
6. 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. Coleção Teses de Mestrado.
7. VEIGA, M. Rosário; CARVALHO, Fernanda - *Some performance characteristics of lime mortars for use on rendering and repointing of ancient buildings.* Lisboa: LNEC, 1998. Coleção Comunicações, COM 15 (5th International Masonry Conference. Londres, 1998).