



Vasco Pereira 24 Maio 2016



Sumário

- 1. Introdução e contexto
- 2. Metodologia
- 3. Resultados e discussão
- 4. Conclusões



Introdução e contexto



O contexto da reabilitação



 A Reabilitação / Renovação representa mais de 50% do mercado da construção em Edifícios



Renovação:

- Reparação
- Manutenção
- Remodelação
- Reconstrução

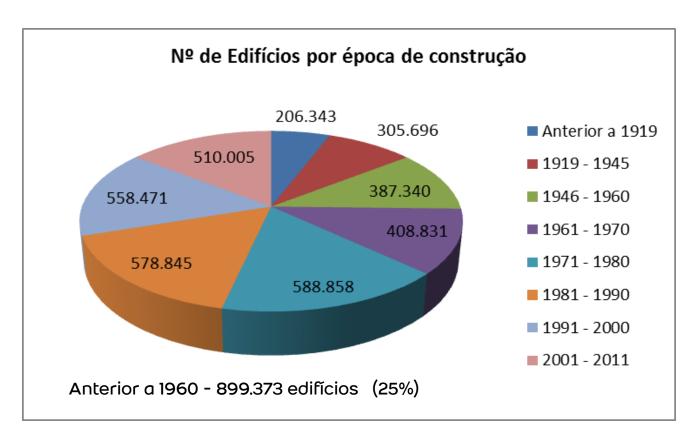
Fonte: Euroconstruct report, Budapest meeting December 2015



O contexto da reabilitação



Stock de Edifícios



Fonte: Pordata / Censos 2011



O contexto da reabilitação

- Reabilitação de edifícios antigos paredes
 - Intervenção ao nível das paredes, nomeadamente exteriores
 - Intervenção na recuperação/melhoria de desempenhos estruturais
 - Intervenção em revestimentos de regularização, proteção e acabamento
- Substituição parcial ou integral de rebocos e acabamentos finais.
- Normalmente são os materiais mais danificados, cumprindo a missão sacrificial de proteção das alvenarias







Reabilitação de paredes antigas

- Intervenções mais ou menos recentes em paredes antigas de alvenaria têm apresentado problemas e patologias:
 - Incompatibilidade de aderências
 - Irreversibilidade das intervenções
 - Diminuição severa das características de porosidade dos sistemas
 - Dificuldade de durabilidade dos materiais de reabilitação devido a resistências mecânicas demasiado fracas





Reabilitação de paredes antigas

- Exige-se nos trabalhos de reabilitação o respeito de um conjunto de requisitos:
 - Utilização de materiais com propriedades que permitam compatibilidade com os suportes – especificações LNEC e norma EN 998-1
 - Procedimentos de aplicação adaptados às características dos materiais
 - Alinhamento com expectativas dos agentes da construção
 - Promotores, construtores, aplicadores
 - Custo (materiais e execução) e durabilidade









O contributo das argamassas industriais

- Disponibilizar ao mercado da construção materiais para aplicação na reabilitação de paredes antigas que:
 - Permitam processos de aplicação familiares aos atores diversificados e menos especializados
 - Apresentem propriedades adaptadas ao contexto de utilização
 - Permitam expectativa de <u>durabilidade</u> e <u>custo</u> aceitáveis para os agentes promotores







O contributo das argamassas industriais

- Relembrando os principais requisitos expectáveis
 - Mecânicos: módulo de elasticidade, resistências mecânicas
 - <u>Físicos</u>: absorção de água por capilaridade, permeabilidade ao vapor de água
 - Químicos: capacidade de acumulação de sais solúveis, ausência de introdução de sais solúveis
 - Execução: baixa retração na fase plástica, tempo de presa ajustado ao método

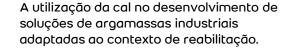
Materiais e componentes em argamassas industriais

- Utilização de materiais e componentes específicos que procuram obter desempenhos em propriedades similares aos de argamassas tradicionais:
 - Incremento e estabilização de porosidade e porometria: derivados celulósicos (retentores de água) e olefino-sulfonatos (introdutores de ar), em vez de sangue, ovos, etc.
 - Controle de retração inicial: fibras acrílicas, em vez de pelo de animais ou palha.
 - Resistência mecânica superficial e controle de penetração de água: polímeros e agentes hidrófobos, em vez de ceras, azeite, etc.









Materiais e componentes em argamassas industriais

- 🕻 Ligante principal: 🕻 🕻 🕻
- Permite obter argamassas com...
 - estrutura porosa que permite intrinsecamente...
 - compatibilidade mecânica e física com os sistemas de alvenaria em presença como suporte
- Situações de exigência mecânica adicional e controle de presa:
 - Adição de pozolanas
 - Cal hidráulica
 - Cimento como adição (quantidades muito controladas)







Conteúdo do trabalho

- Caracterizar várias formulações de argamassa, combinando cal e outros materiais
 - Propriedades mecânicas
 - Propriedades físicas
 - Propriedades químicas
- Avaliar a sua adequabilidade à utilização em reabilitação de paredes antigas
- Cobrir várias necessidades nesta área de intervenção: revestimento, consolidação, acabamento, etc.





Metodologia 2



Formulações de argamassa avaliadas

(% em massa)

	ARG_1	ARG_2	ARG_3	ARG_4	ARG_5
Cal aérea	12	2	7	0	15
Cal hidráulica	8	12	0	12	О
Cimento Portland	0	О	8	10	6,5
Pozolana	0	2	2	0,5	0
Areia sílica (0,1-1mm)	39,7	38,7	52,4	46,7	0
Areia de carbonato (0,1-2mm)	40	45	30	30	76,6
Retentor de água	0,125	0,125	0,08	0,08	0,20
Polímero EVA	0	0	0	0	1
Adjuvante introdutor de ar	0,0125	0,025	0,025	0,025	0
Agente hidrófobo	0	0,10	0,15	0,3	0,50
Fibra	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10
Bentonite	0,11	0	0,25	0,25	О
Superplastificante	0	О	0	0	0,10

Ensaios realizados

- Caracterização das formulações segundo normas de ensaio no âmbito da norma EN 998-1
 - Massa volúmica aparente em pasta e endurecido
 - Teor de ar introduzido
 - Resistências à tração por flexão (Rf) e compressão (Rc)
 - Coeficiente de absorção de água por capilaridade
 - Coeficiente de resistência á difusão de vapor de água



- Módulo de Elasticidade Dinâmico
- Variação dimensional
- Porosidade aberta
- Suscetibilidade a fendilhação em fase plástica
- Resistência a exposição a sais (cloretos e sulfatos): "ARG_4"
- Provetes de produto endurecido por formulação
 - 3x 4cmx4cmx16cm
 - 5x 2,5cmx2,5cmx28,5cm







Ensaio de fendilhação em fase plástica

(método interno)

- Aplicação da argamassa sobre um suporte de tijolo e com um corte de aderência intermédio, realizado pela presença de um molde plástico, segundo indicado na figura.
- Exposição do provete preparado a condições ambientais com humidade relativa de 55% e temperatura de 22°C, durante um período até 7 dias.
- Avaliação diária do grau de fissuração, com destaque para a zona de transição da argamassa aderida ao tijolo e a zona não aderida (molde plástico). Esta observação pode ser facilitada com aspersão de água sobre a superfície em análise.
- O grau de fissuração obtido pretende revelar a resistência que a argamassa possa apresentar em condições de exposição real, durante a sua fase de aplicação até atingir a presa.











Ensaio de resistência à ação de sais solúveis

(método interno)

Ação de cloretos

- Imersão dos provetes 4x4x16 em soluções com concentração de 0,01 e 0,1M, durante 24h e secagem a 70°C até atingir massa constante
- Diferença em % antes e após imersão traduz a retenção de cloretos
- Realização de ciclos de exposição de 12h a ambientes com HR de 90% e 60%, a temperatura 22°C, até observação de degradação dos provetes



Ensaio de resistência à ação de sais solúveis

(método interno)

Ação de sulfatos

- Sujeição dos provetes 4x4x16 a ciclos de imersão em soluções com concentração de 0,01 e 0,1M, durante 2h, e secagem a 70°C durante 22h.
- Medição da massa dos provetes após cada ciclo e avaliação qualitativa do estado de integridade dos mesmos.



Resultados e discussão 3



Resultados de ensaios nas várias formulações

Propriedade	ARG	ARG	ARG	ARG	ARG
	1	2	3	4	5
Água de amassadura (g)/kg de pó	190	180	165	195	260
MVA da pasta (kg/m³)	1500	1350	1400	1950	1450
Espalhamento (mm)	150	150	153	148	151
Teor de ar introduzido (%)	19	25	25	26	20
Tempo de presa (h)	18-20	11-13	6-7	4-5	4-5
MVA endurecido (kg/m³)	1600	1410	1520	1430	1300
Porosidade aberta (%)	28	36	33	45	30
Variação dimensional (mm/m)	-1,5	-1,2	-1,4	-0,9	-0,4
Suscetibilidade a fissuração em fase plástica	Sim	Não	Não	Não	Não
Rf (MPa)	0,5	0,7	1,5	2,0	1,6
Rc (MPa)	1,0	1,6	3,8	4,3	3,0
Mod. Elast. dinâmico E (GPa)	3,5	3,0	5,0	8,0	5,0
Aderência (N/mm²) (modo de rotura)	0,10 (FP:B)	0,20 (FP:B)	0,25 (FP:B)	0,30 (FP:B)	0,39 (FP:B)
de vapor de água, μ	5	3	4	4	7
Coeficiente de absorção de água por capilaridade, C (kg/m²-min½)	1,00	0,26	0,11	0,02	0,50
Absorção de água às 24h (kg/m²)	18,25	9,55	3,61	0,74	11,10
Penetração de água (mm)	> 40	5	3	3	5
Cloretos retidos (%) (1)	n.d.	n.d.	n.d.	< 0,5	n.d.
Resistência a cloretos ⁽¹⁾ (nº ciclos)	n.d.	n.d.	n.d.	> 50	n.d.
Resistência a sulfatos ⁽¹⁾ (nº ciclos)	n.d.	n.d.	n.d.	> 40	n.d.

⁽¹⁾ Resultados relativos a exposição a solução de 0,1M

- Maioria dos casos:
 - Resistência compressão entre 1,0 e 3,0 MPa
 - Mód. Elasticidade dinâmico ≤ 5 GPa
 - Aderências entre 0,1 e 0,3
 MPa
- Genericamente aponta estas formulações como compatíveis com suportes de reabilitação
- "ARG_4" apresenta
 Compressão e Mod.
 Elasticidade um pouco elevados
- "ARG_3" apresenta-se nos limites quanto a Compressão e Mod. Elast.



A utilização da cal no desenvolvimento de soluções de argamassas industriais adaptadas ao contexto de reabilitação.

Resultados de ensaios nas várias formulações

Propriedade	ARG 1	ARG 2	ARG 3	ARG 4	ARG 5
Água de amassadura (g)/kg de pó	190	180	165	195	260
MVA da pasta (kg/m³)	1500	1350	1400	1950	1450
Espalhamento (mm)	150	150	153	148	151
Teor de ar introduzido (%)	19	25	25	26	20
Tempo de presa (h)	18-20	11-13	6-7	4-5	4-5
MVA endurecido (kg/m³)	1600	1410	1520	1430	1300
Porosidade aberta (%)	28	36	33	45	30
Variação dimensional (mm/m)	-1,5	-1,2	-1,4	-0,9	-0,4
Suscetibilidade a fissuração em fase plástica	Sim	Não	Não	Não	Não
Rf (MPa)	0,5	0,7	1,5	2,0	1,6
Rc (MPa)	1,0	1,6	3,8	4,3	3,0
Mod. Elast. dinâmico E (GPa)	3,5	3,0	5,0	8,0	5,0
Aderência (N/mm²) (modo de rotura)	0,10	0,20	0,25	0,30	0,39
Coeficiente de resistência à difusão de vapor de água, µ	5	3	4	4	7
Coeficiente de absorção de água por capilaridade, C (kg/m².min½)	1,00	0,26	0,11	0,02	0,50
Absorçao de agua as 24h (kg/m²)	18,25	9,55	3,61	0,74	11,10
Penetração de água (mm)	> 40	5	3	3	5
Cloretos retidos (%) (1)	n.d.	n.d.	n.d.	< 0,5	n.d.
Resistência a cloretos ⁽¹⁾ (n° ciclos)	n.d.	n.d.	n.d.	> 50	n.d.
Resistência a sulfatos ⁽¹⁾ (nº ciclos)	n.d.	n.d.	n.d.	> 40	n.d.

⁽¹⁾ Resultados relativos a exposição a solução de 0,1M

- Coeficientes de absorção de água por capilaridade reduzidos - ≤ 0,5 (menos "ARG_1"
- A permeabilidade ao vapor de água é elevada em todos os casos
- Admite-se alguma dificuldade na eliminação de água nos sistemas, compensada pela elevada permeabilidade ao vapor
- Exceção "ARG_1", potencialmente adequada a eliminação de água em fundações de paredes

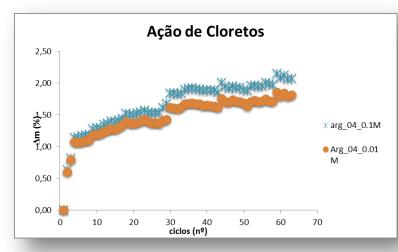


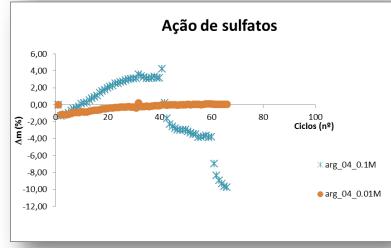
Resultados de ensaios – cloretos e sulfatos

Propriedade	ARG 1	ARG 2	ARG 3	ARG 4	ARG 5
Cloretos retidos (%) (1)	n.d.	n.d.	n.d.	< 0,5	n.d.
Resistência a cloretos ⁽¹⁾ (n° ciclos)	n.d.	n.d.	n.d.	> 50	n.d.
Resistência a sulfatos ⁽¹⁾ (n° ciclos)	n.d.	n.d.	n.d.	> 40	n.d.

⁽¹⁾ Resultados relativos a exposição a solução de 0,1M

- Ensaios realizados apenas na fórmula "ARG_4", em função das características apresentadas, nomeadamente a elevada porosidade aberta (45%)
- Resistência sem degradação após 40 ciclos de exposição





Considerações sobre as várias formulações

FÓRMULA	AVALIAÇÃO
ARG_1	 Ligantes cal aérea e cal hidráulica (por ordem de relevância) Utilização em regularização de alvenarias antigas com probabilidade de sucesso Fácil tendência a fissuração em fase plástica e elevado tempo de presa, requer aplicação por mão de obra experiente e técnicas capazes de minimização
ARG_2	 Ligantes cal hidráulica e cal aérea (por ordem de relevância) Utilização em regularização de alvenarias antigas com probabilidade de sucesso Baixa tendência a fissuração em fase plástica e tempo de presa mais baixo, tenderá a permitir a aplicação de forma mais fácil, com mão de obra menos especializada
ARG_3	 Inclui ligante cimento portland Tempo de presa menor, resistências mecânicas mais elevadas, baixa tendência a fissuração em fase plástica Possível aplicação por mão de obra menos especializada, mas com fortes limitações quanto à utilização em alvenarias mais frágeis
ARG_4	 Resultados sugerem utilização como argamassa de saneamento de paredes com presença de sais solúveis (porosidade e resistência a ciclos de exposição) Carece de alguma reformulação para melhor adaptação a suportes mais frágeis (compressão e mod. elasticidade elevados)
ARG_5	 Resistências mecânicas e valores de aderência mais elevados desaconselham a utilização como regularização em espessura de alvenarias antigas Com alguma melhoria ao nível da absorção de água, poderá ser utilizado em camada fina como material de acabamento final decorativo

Conclusões L (desafios e oportunidades)



Desafios e oportunidades...

- A reabilitação é uma realidade cada vez mais incontornável no mercado da construção, com enfase para as soluções baseadas em cal nas construções anteriores a 1960.
- O crescimento deste segmento torna-o mais difuso e com intervenientes diversificados e menos especializados.
- As soluções disponíveis devem responder aos requisitos técnicos aplicáveis e às características dos utilizadores, nomeadamente proporcionando processos de aplicação simplificados.
- As argamassas industriais, adequadamente formuladas e testadas, podem constituir uma resposta às necessidades apresentadas.
 - Expectativas de controle de custos
 - Disponibilidade atempada
 - Facilidade de gestão em estaleiro
 - Adaptação às características da mão de obra
 - Prazos de execução esperados

Desafios e oportunidades...

- Foi abordado um exemplo de processo de desenvolvimento de produtos industriais, procurando responder aos desafios apresentados.
- Os resultados de avaliação experimental apontaram para possíveis soluções de reabilitação de paredes antigas e necessidades de melhoria em alguns desempenhos.
- O resultado do estudo aponta para argamassas de natureza diversa, orientadas potencialmente para aplicações diferenciadas na resolução de necessidades de intervenção, dando origem a uma gama de soluções abrangentes.
- Refere-se ainda a importância de validar os resultados em aplicações experimentais reais com equipamentos de mistura e projeção mecanizadas, avaliando o impacto de tal processo nas propriedades estudadas em laboratório.

MUITO OBRIGADO!

vasco.pereira@saint-gobain.com

Saint-Gobain Weber Portugal