

Aderência entre argamassas de cal aérea e azulejos antigos. Influência da porosidade e da humidade presente na interface azulejo/argamassa

Sandro Botas

Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal, sbotas@lnec.pt

Rosário Veiga

Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal, rveiga@lnec.pt

Ana Velosa

Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, avelosa@ua.pt

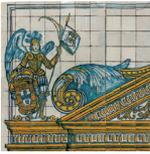
SUMMARY: The use of tiles in Portuguese façade coatings began in XIXth century with tiles industrialized production. Nowadays, many of XIXth century façades are degraded, in urgent need of maintenance. New bonding mortars must be developed in order to substitute the existing. Compatibility with the old materials, durability and reversibility must be respected.

The tile/mortar adhesion strength is a very important characteristic in old tiles reattachment. It depends mostly on the mortar characteristics and on the porosity and moisture content of tiles. Mortar in contact with a wet tile will have different binding characteristics than in a dry tile.

This work studies the adhesion of lime based mortars to old tiles and the influence of moisture and open porosity change (after and before mortar applications) in tile/mortar interface. New tiles with similar porous characteristics as XIXth century tiles were used. A new designed test was used to test the tile/mortar adhesion strength. The composition of the mortars and moisture content of the tiles was varied.

Some trends of variation of mortar compositions and moisture condition of tiles were observed in tile/mortar adhesion strength. The increase of moisture content in tiles causes the increasing of mortars open porosity. Mortars applied with wet tiles have higher values of adhesion strength than mortars applied with dry tiles. The tile/mortar adhesion strength increases with increasing open porosity of the mortar in the interface.

KEY-WORDS: *Tile, mortar, adhesive strength, moisture, porosity.*



1. INTRODUÇÃO

Os azulejos cerâmicos vidrados são usados em Portugal desde o século XV [1,2]. Estes elementos tornaram-se numa grande herança do país. O uso de azulejos em fachadas desenvolveu-se no século XIX com a sua produção industrializada. A figura 1 mostra uma fachada azulejada da cidade de Ovar.



Figura 1 - Fachada azulejada da cidade de Ovar

No presente, existe um significativo número de fachadas azulejadas do século XIX degradadas e em urgente estado de manutenção. A manutenção e prevenção da degradação das fachadas é extremamente importante para prevenir a perda deste património cultural.

As argamassas usadas nas fachadas azulejadas no século XIX eram argamassas correntes de cal aérea e areia [3], também usadas na maioria dos trabalhos de construção. A mistura era usualmente feita com traços ligante/agregado (l/a) de 1:1 a 1:4 e os materiais provinham de zonas próximas das construções [3].

De acordo com a maioria dos autores, a composição das argamassas reapplicadas em edifícios antigos deverá ser similar ou proporcionar características similares às das argamassas originais. As argamassas novas devem ser similares na capilaridade, permeabilidade ao vapor de água, mecanicamente e nas características de secagem, por forma a assegurarem a máxima compatibilidade possível com os materiais existentes [4, 5].

O reassentamento de azulejos antigos com argamassas cimentícias é completamente inadequado. As argamassas cimentícias são química e fisicamente incompatíveis com os materiais antigos, causam fissuras nos azulejos, libertam sais solúveis para os materiais em contacto (neste caso azulejos) [6], reduzem a permeabilidade ao vapor de água do sistema e



causam alterações nos cursos de percolação de água no interior da parede. Estas argamassas têm também um período de vida inferior e proporcionam uma tensão de aderência excessiva na interface azulejo/argamassa, comprometendo a reversibilidade dos trabalhos.

As características físicas das argamassas estão dependentes dos seus constituintes [7, 8, 9]. Estas características das argamassas influenciam a tensão de aderência azulejo/argamassa, a qual ocorre na interface destes dois materiais. O fenómeno de aderência inicia-se com a penetração das partículas finas da argamassa transportadas pela água. Com a carbonatação do ligante no interior dos poros do azulejo, é promovida a ligação dos dois materiais, azulejo e argamassa.

As condições higrotérmicas do material onde as argamassas são aplicadas têm uma grande influência na sua tensão de aderência. Uma argamassa em contacto com um material húmido terá uma ligação diferente de outra em contacto com um material seco [10]. Os azulejos antigos eram geralmente aplicados sem juntas; são comumente observadas lacunas de azulejos nas fachadas e/ou fendas no corpo dos azulejos devido à sua expansão higrotérmica. Este fenómeno era prevenido com o humedecimento do azulejo por forma a dilatar o seu corpo o quanto possível antes da aplicação.

A presente comunicação apresenta um estudo sobre a influência da condição húmida dos azulejos presente na interface azulejo/argamassa na tensão de aderência azulejo/argamassa. Foram caracterizados azulejos novos e antigos do século XIX, nas características porosas e de absorção capilar. A quantidade de humidade no corpo azulejar, distribuição granulométrica das areias e o traço volumétrico (l/a) das argamassas foram variados. O ensaio de aderência foi realizado com azulejos secos, molhados (1 segundo de imersão em água) e imersos (imersos durante 24h). Foram usados azulejos novos com características de absorção de água o mais semelhantes possível em relação aos azulejos antigos por forma a reduzir a destruição de azulejos históricos.

O ensaio clássico de aderência, seguindo as indicações da norma EN 1015-112 [11], não é um ensaio adequado para testar a aderência de argamassas de fraco poder aderente com azulejos. Foi por isso concebido realizado um novo ensaio de aderência.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1. Materiais

Foram caracterizados três tipos de azulejos: azulejos antigos do século XIX, um azulejo novo e 2 réplicas de azulejos antigos com características de absorção de água similares às dos azulejos antigos usados. As réplicas de azulejos antigos foram cedidas pelo ACRA – Atelier de Conservação e Restauro de Azulejo de Ovar.

Os azulejos antigos foram retirados de fachadas da cidade de Ovar que se encontravam em elevado estado de degradação. Foram produzidos em diferentes fábricas da região da cidade do Porto: “Devesas” e “José Pereira Valente” (JPV); em duas amostras não foi possível avaliar a fábrica onde foram realizados. As amostras foram removidas de diferentes edifícios. A tabela 1 mostra a identificação dos azulejos.

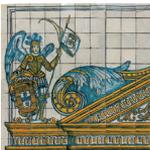


Tabela 1 – Identificação dos azulejos

	Fabrica	Identificação
Azulejos antigos	(Desconhecida)	A1
	(Desconhecida)	A2
	JPV	A3
	Devesas	A5
	JPV	A8
Azulejo novo	Révigres	Vidrado
Réplicas de azulejos antigos	Azupal	R1
	Hcer	R2

Nas argamassas foram usados três tipos de areia com diferente distribuição granulométrica: FPS 120 (areia fina: 0,01mm – 0,212mm); APAS 30 (Areia média: 0,15mm – 0,71mm); Mistura (Mistura de três areias de diferentes granulometrias (APAS 12: 0,60mm – 1,70mm, APAS 20: 0,43mm – 1,18mm e APAS 30: 0,15mm – 0,71mm) na proporção de 24%-38%-38%, respectivamente. A areia de mistura foi realizada por forma a reproduzir a distribuição granulométrica da areia siliciosa comumente usada nos revestimentos dos edifícios da região de Lisboa [3]. O ligante usado foi cal aérea (Lusical H100), classificada como CL 90-S de acordo com a norma EN 459-1:2010 [12].

2.2. Procedimento experimental

O procedimento usado na mistura das argamassas foi baseado na Norma EN1015-2:1998 [13]. Foram preparadas argamassas de traço volumétrico de 1:2 e 1:3 (l/a). A tabela 2 mostra a identificação das argamassas. As misturas foram preparadas com diferentes quantidades de água de modo a ser obtido o valor de 160mm (consistência fluida) no ensaio de consistência por espalhamento [14].

Tabela 2 – Identificação das argamassas

Argamassas	Tipo de agregado	Rácio l/a	Razão água/ligante (a/l)
2M	Mistura	1:2	1.78
2A	APAS 30	1:2	1.92
2F	FPS 120	1:2	2.28
3M	Mistura	1:3	2.72
3A	APAS 30	1:3	2.86
3F	FPS 120	1:3	3.25

A campanha experimental incluiu a determinação da consistência das argamassas no estado fresco e as suas características físicas no estado endurecido: porosidade aberta – 18 provetes, absorção de água por capilaridade – 18 provetes, aderência a azulejos e variação da porosidade aberta das argamassas – 72 provetes (4 amostras por cada diferente aplicação). Todos os ensaios no estado endurecido foram realizados nos provetes com 90 dias de cura em condições controladas de 20° C e 65% HR.



2.3. Métodos de ensaio para caracterização de argamassas e azulejos

A absorção de água por capilaridade dos azulejos e das argamassas foi testada segundo a norma EN 1015-18:2002 [15], com algumas modificações necessárias de forma a ajustar os procedimentos à diferente natureza, forma e dimensão das amostras. Os azulejos foram colocados com a face vidrada virada para cima. Foi mantido um filme de água de 1mm de espessura em contacto com o azulejo ao longo de todo o ensaio. A curva de absorção de água por capilaridade foi traçada de acordo com as diferenças de massa ao longo de 24 horas.

O ensaio de determinação da porosimetria por intrusão de mercúrio foi realizado seguindo as indicações da Norma ASTM D4404-84 [16]; o ensaio é baseado na quantificação do volume de mercúrio que penetra nos poros do azulejo sob determinados intervalos de pressões. Foi usado o equipamento FILLING APPARATUS e AUTOSCAN60 da QUANTACHROME.

A porosidade aberta das amostras foi determinada pelo método da pesagem hidrostática depois de imersão em vácuo [17, 18]. Este método combina os resultados de três pesagens: amostra seca, amostra imersa e amostra saturada. Os valores de porosidade aberta foram calculados através do volume de poros abertos e do volume do provete seco, em percentagem.

Os resultados da porosidade aberta das aplicações em azulejos foram calculados a partir de fragmentos de argamassa em contacto com o azulejo retirada das aplicações imediatamente após a realização do ensaio de aderência

2.3.1. Ensaio de aderência

O ensaio de aderência foi desenvolvido para substituir o ensaio de “pull-off” segundo a EN 1015-12:2000 [9] em argamassas mecanicamente fracas, para as quais este ensaio revela dificuldades de aplicação. A argamassa é aplicada, com 20mm de espessura, entre dois elementos de azulejo com dimensões faciais de 50x50mm. Na outra superfície de cada um dos azulejos (vidrado) uma placa metálica é colada, onde a máquina universal de forças (ETI-HM-S com célula de carga de 2 KN) é conectada. O ensaio foi realizado aplicando uma força crescente de tração às duas placas metálicas até os azulejos se separarem da argamassa, ou a argamassa romper as suas ligações internas e a rotura se dar por coesão. As figuras 2 e 3 mostram o pormenor de ensaio e um provete ensaiado. Foram usados azulejos com 3 condições diferentes de humidade: 1) azulejos secos: secos em estufa a 60° C por um período de 24h; 2) azulejos molhados: imersos em água durante 1 s; 3) azulejos imersos: azulejos imersos em água por um período de 24 horas. As aplicações foram realizadas em azulejos novos.



Figura 2 - Pormenor do ensaio de aderência



Figura 3 - Provete ensaiado à tensão de aderência

3. DISCUSSÃO E RESULTADOS

3.1. Azulejos

A tabela 3 mostra que a maioria dos azulejos antigos possui valores superiores de absorção de água por capilaridade (valor assintótico) em relação aos azulejos novos e às réplicas. Este fator está directamente relacionado com uma porosidade aberta superior do corpo cerâmico destes azulejos. Os azulejos antigos possuem uma dispersão significativa de valores de porosidade aberta. Estas diferenças são devidas às diferentes técnicas de produção das várias fábricas. Os azulejos A3 e A8, pertencentes à mesma fábrica, apresentam diferentes valores de porosidade aberta. Estas diferenças devem-se, provavelmente, a diferenças no seu processo de produção ou à variabilidade das matérias-primas usadas na época.

Os valores do coeficiente de capilaridade das réplicas e do azulejo novo estão próximos da média dos valores dos azulejos antigos que é de $0,82 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$. Os azulejos antigos A3 e A8 apresentam valores inferiores em relação aos outros azulejos antigos. Não foram observadas diferenças significativas entre os valores das réplicas e do azulejo novo. A réplica R2 apresenta valores ligeiramente superiores aos da réplica R1, contudo a diferença não é significativa.

Tabela 3 – Absorção de água e porosidade aberta

	Identificação	Coefficiente de capilaridade ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$)	Valor assintótico de absorção capilar (kg/m^2)	Porosidade aberta [%]
Azulejos antigos	A1	1,34	3,28	40,01
	A2	1,18	2,87	37,51
	A3	0,31	2,40	27,16
	A5	1,09	2,59	36,41
	A8	0,17	1,90	25,62
Azulejo novo	Vidrado	0,71	1,86	25,44
Réplicas de azulejos antigos	R1	0,78	1,92	32,21
	R2	0,96	2,29	30,31

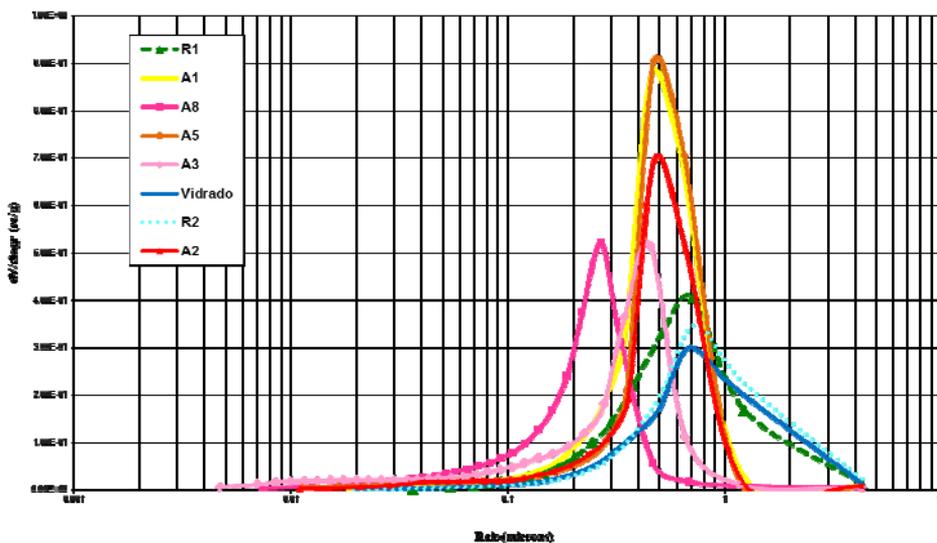


Figura 4 - Distribuição volumétrica dos poros dos azulejos

Os azulejos antigos apresentam uma distribuição de poros concentrada numa gama mais estreita de dimensões de raios (figura 4). Os azulejos A1, A2 e A5 possuem uma distribuição do tamanho dos poros semelhante, maioritariamente no intervalo 0,1 μm a 1,2 μm . O tamanho de poros onde se verifica uma maior concentração é 0,5 μm . Os azulejos A3 e A8 apresentam uma distribuição diferente do tamanho de poros. Estes azulejos possuem uma média de tamanho de raio de poro inferior e uma quantidade inferior de poros de maiores dimensões. Esta diferença é consistente com a menor porosidade aberta apresentada na tabela 3 e os menores coeficientes de capilaridade.

O azulejo novo e as réplicas possuem uma média de valores de porosidade aberta similar à média de todos os azulejos antigos ensaiados que é de 33,34%, mas se excluirmos os azulejos identificados como diferentes da análise, A3 e A8, verifica-se que os azulejos novos têm valores de porosidade e de coeficientes de capilaridade inferiores, respetivamente em cerca de 20% e de 30%. Verifica-se também que os azulejos novos, apresentam diferenças significativas na distribuição do tamanho dos poros, que é mais alargada do que se verifica nos azulejos antigos visto na gama de poros que a curva gráfica traduz e uma máxima concentração de poros em tamanhos superiores. Estes azulejos (novo e réplicas), apesar da menor porosidade aberta, apresentam uma máxima concentração de poros de raio 0.7 μm , superior à dos três azulejos antigos mais semelhantes entre si.



Os azulejos antigos, fruto das suas diferenças de fabrico e por já terem sido sujeitos a muitas acções apresentam valores de porosidade e absorção de água dispersos. As réplicas, pelos valores analisados, têm a sua estrutura porosa mais próxima dos azulejos novos do que dos azulejos antigos.

3.2. Porosidade aberta das argamassas

Os agregados são muito importantes na estrutura porosa das argamassas [19]. As figuras 5 e 6 mostram que o uso de agregados finos proporciona em geral o aumento da porosidade aberta dos provetes de argamassa (16x4x4). Segundo alguns autores, o aumento da quantidade de ligante cal na mistura faz aumentar os valores da porosidade aberta [20], neste caso, com os provetes de argamassa, essa tendência foi verificada, figuras 5 e 6.

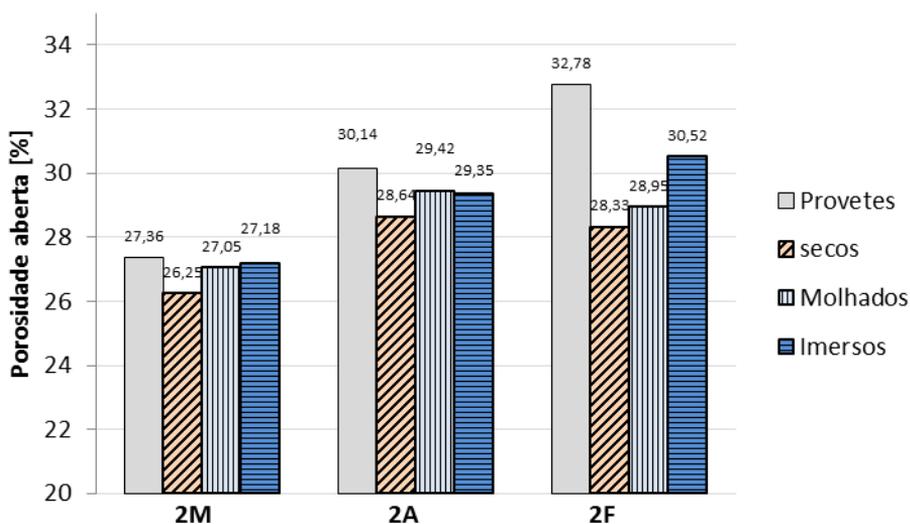


Figura 5 - Porosidade aberta das argamassas de traço volumétrico 1:2 (provetes e argamassas aplicadas nos azulejos)

A diferença média dos valores dos dois traços volumétricos 1/a, entre todas as combinações, é 1,5%.

Nos três tipos de aplicações, a porosidade aberta das argamassas aumenta com o uso de agregados de granulometria inferior, figuras 5 e 6.

As argamassas 2M, 2A e 2F, com traço volumétrico 1/a 1:2, apresentam uma porosidade aberta superior nas aplicações molhada e imersa em relação à aplicação seca. As argamassas 3F mantêm a mesma tendência das argamassas de traço volumétrico 1/a 1:2. As argamassas 3M e 3A mostram um aumento da porosidade nas aplicações molhadas mas os valores decrescem nas aplicações sobre azulejos imersos. A argamassa 3M é a única argamassa na qual a porosidade aberta depois da aplicação no azulejo seco é superior à porosidade no provete de argamassa.



O aumento da humidade no corpo do azulejo causa o aumento da porosidade das argamassas.

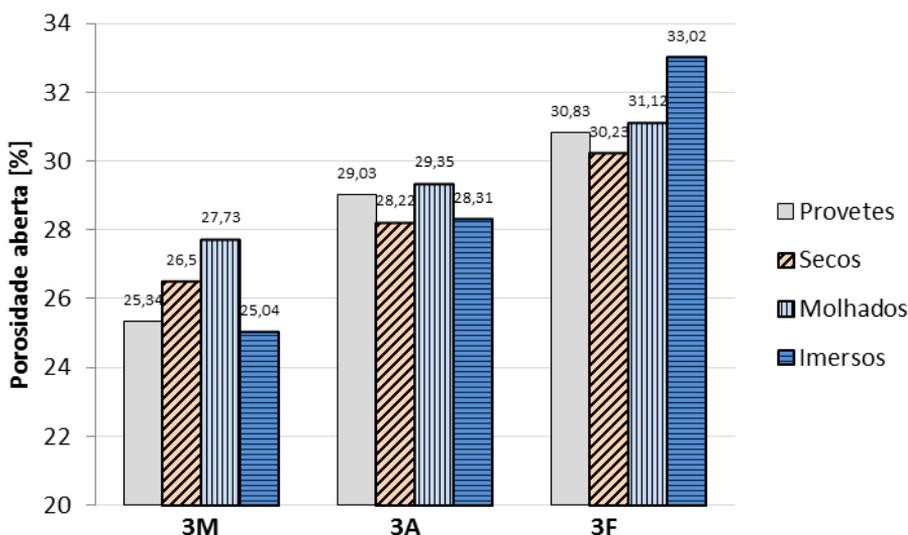


Figura 6 - Porosidade aberta das argamassas de traço volumétrico 1:3 (provetes e argamassas aplicadas nos azulejos)

3.3. Tensão de aderência azulejo/argamassa

As figuras 7 e 8 mostram que a tensão de aderência azulejo/argamassa aumenta, em geral, com o uso de agregados finos nas argamassas aplicadas em azulejos secos ou imersos. Contudo, a tendência é diferente nas aplicações de argamassas com areia APAS 30. Nestas aplicações a tensão de aderência apresentou valores inferiores nos casos 2A imerso e 3A imerso.

As argamassas aplicadas em azulejos molhados apresentam, em geral, valores superiores de tensão de aderência em relação às aplicadas em azulejos secos. A argamassa 3F é a exceção. A humidade no corpo cerâmico do azulejo melhora a aderência na interface azulejo/argamassa.

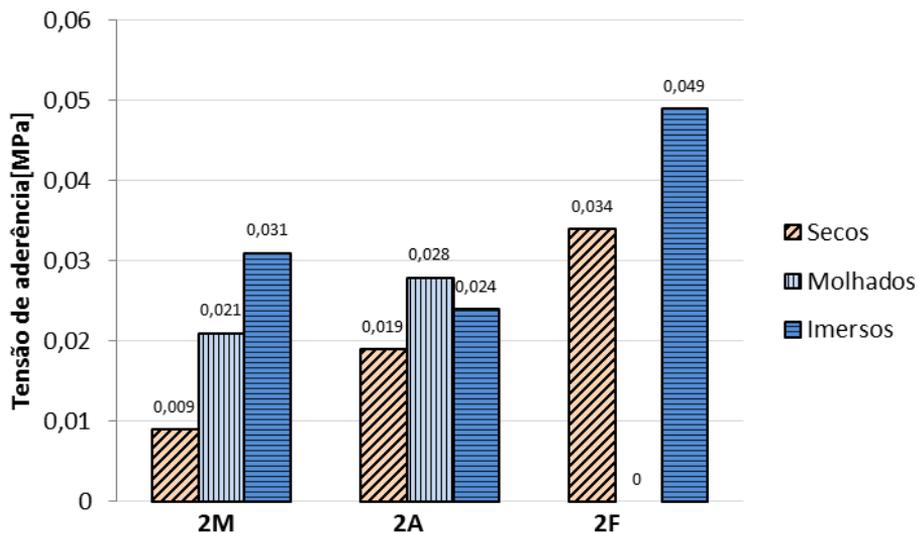


Figura 7 - Tensão de aderência azulejo/argamassa de traço volumétrico 1:2

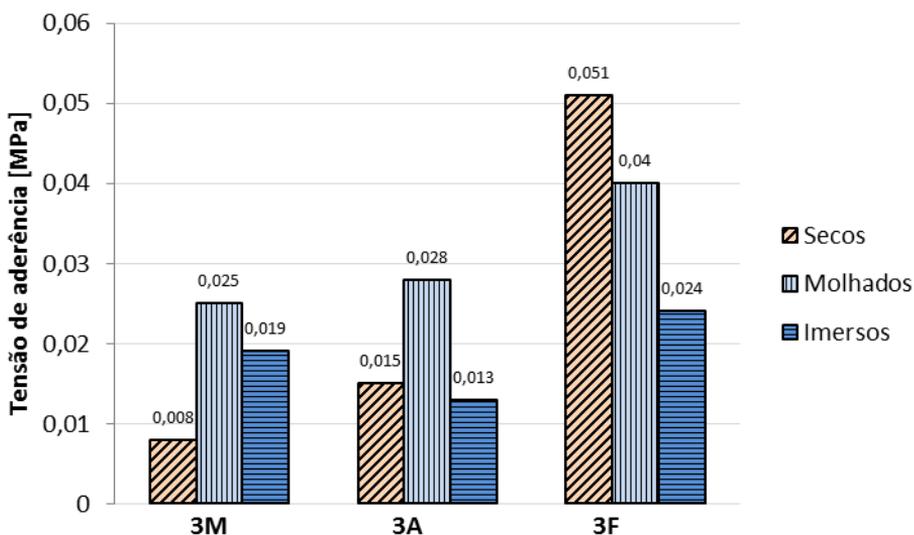


Figura 8 - Tensão de aderência azulejo/argamassa de traço volumétrico 1:2

As argamassas com agregados muito finos têm uma probabilidade superior de apresentarem fissuras devidas a retracção porque necessitam de uma maior quantidade de água de amassadura por forma a apresentarem uma trabalhabilidade similar às outras composições.



Neste caso, as aplicações de argamassas em azulejos molhados apresentam algumas micro fissuras. As aplicações de argamassa em azulejos imersos apresentam em todos os casos fissuras e marcas de bolhas de água na interface azulejo/argamassa, que evidencia um excesso de água aprisionado na interface por incapacidade de absorção do azulejo (figura 9). A argamassa 2F, aplicada em azulejos molhados não foi testada, pois os azulejos destacaram-se da argamassa por simples manuseamento.

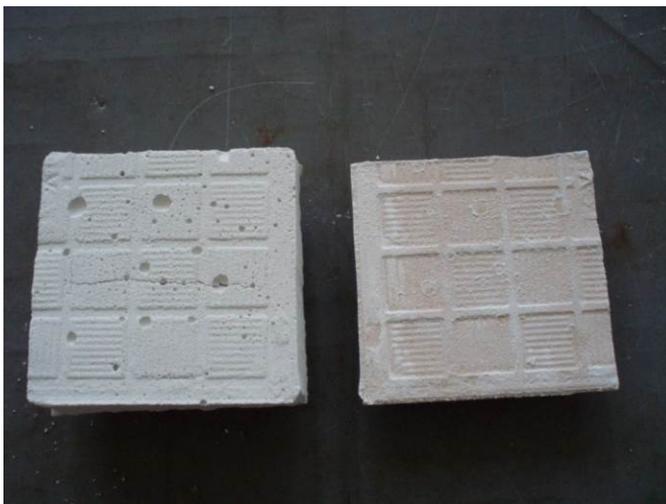


Figura 9 - Provete de argamassa com fissuras e marcas de bolhas de água na interface azulejo/argamassa

As análises das diversas composições e aplicações mostram que existe uma possível quantidade específica de humidade na interface, para cada composição, que maximiza a tensão de aderência azulejo/argamassa. Excedida essa quantidade, a quantidade de água disponível na interface é excessiva e prejudica a ligação.

Nas argamassas aplicadas em azulejos antigos, tal como se verificou nos azulejos novos testados, a água na interface azulejo/argamassa é rapidamente absorvida, não existem então condições para se criarem pontos de conexão entre os dois materiais. Quando a argamassa é aplicada num azulejo com algum teor de humidade, são criadas condições (tempo de penetração de água e finos) para que o hidróxido de cálcio penetre na porosidade do azulejo e forme uma ligação após a carbonatação do ligante. A quantidade de humidade na interface tem influência nas condições nas quais esta reacção se processa. Se os azulejos estiverem secos, ocorre a dessecação da argamassa na interface e o hidróxido de cálcio é impossibilitado de penetrar na estrutura porosa do azulejo, não sendo criada assim uma ligação entre os dois materiais.

Nas aplicações 2M a quantidade de água na interface que maximiza o valor da tensão de aderência, ao contrário das aplicações 2^a, 3M e 3^a, não foi excedido. O ensaio de aderência mostrou uma rotura coesiva na argamassa, o que mostra que o valor de 0,031 MPa é a resistência à tração da argamassa. O valor de aderência azulejo/argamassa é superior. Nas



restantes aplicações, excepto a aplicação 3F explicada anteriormente na análise das figuras 7 e 8, a quantidade de água que maximiza o valor da tensão de aderência foi atingido e ultrapassado pela rápida molhagem dos azulejos (1s), pois os valores da tensão de aderência diminuíram aquando do uso de azulejos imersos nas aplicações.

4. CONCLUSÕES

As fachadas antigas com azulejos do início da industrialização são um importante testemunho do património Português. Elas reflectem as características sociais, económicas e culturais da sociedade da época, bem como a sua evolução. Em muitos casos, as fachadas azulejadas do século XIX estão em más condições. As fachadas degradadas devem ser preservadas com materiais compatíveis e duráveis e que proporcionem intervenções reversíveis.

A estrutura porosa dos azulejos do século XIX é uma característica muito importante na tensão de aderência azulejo/argamassa. Os azulejos antigos apresentam valores de absorção de água superiores às réplicas e ao azulejo novo. Os azulejos antigos possuem uma distribuição do tamanho de poros muito concentrada. A distribuição do tamanho de poros das réplicas e azulejo novo dá-se num intervalo de dimensões superior à dos azulejos antigos e a dimensão de raio em que se verifica a máxima concentração é também superior.

O aumento da humidade no corpo do azulejo causa o aumento da porosidade das argamassas.

A tensão de aderência na interface azulejo/argamassa aumenta com o uso de agregados finos nas aplicações sobre azulejos secos e imersos.

As argamassas aplicadas sobre azulejos molhados apresentam valores superiores de tensão de aderência que as aplicadas em azulejos secos.

Existe uma quantidade de humidade na interface que maximiza os valores de tensão de aderência para cada composição de argamassa. Excedendo esse valor, a quantidade disponível de água na interface é excessiva e prejudica a ligação.

4. AGRADECIMENTOS

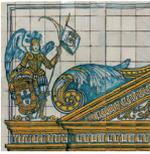
Os autores agradecem à FCT – Fundação para a ciência e Tecnologia pelo apoio através da atribuição da Bolsa de Doutoramento: “Recuperação de fachadas azulejadas antigas – Desenvolvimento de argamassas compatíveis e estudo dos fenómenos de aderência aos azulejos”. Os autores agradecem ao projeto "PRESERVE - Preservação de revestimentos do Património construído com valor cultural: identificação de riscos, contributo do saber tradicional e novos materiais para conservação e proteção." Os autores agradecem ao ACRA (Ovar), à Lusical e à Revigres pelo fornecimento dos azulejos antigos, Cal aérea e azulejos novos, respetivamente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 SANTOS T.P., M.F. Vaz, L. Pinto Moisés and A.P. Carvalho *Porosity characterization of old Portuguese ceramic tiles*. Construction and Building Materials 2012;28:104-110.



- 2 VAZ M.F., J. Pires J. and A.P. Carvalho - *Effect of impregnation treatment with Paraloid B-72 on the properties of old Portuguese ceramic tiles*. Journal of Cultural Heritage 2008;9:269-276.
- 3 BOTAS, S., M.R. Veiga and A. Velosa. *Reapplication mortars for old tiles: characteristics of tiles and mortars and selection criteria*. International Journal of Architectural Heritage, vol. 8(1), pp. 124-139, 2014.
- 4 VEIGA, M.R.; *Conservation of historic renders and plasters; From laboratory to site*. In 2nd Historic Mortars Conference. RILEM Proceedings PRO 78, Praga, 22-24-September 2010, pp.1241-1256. Invited lecture. ISBN:978-2-35158-112-4.
- 5 FRAGATA, A. and M. R. Veiga - *Air lime mortars: the influence of calcareous aggregate and filler addition*. Materials Science Forum, vols 636-637 (2010) p. 1280-1285, 2010 Trans Tech Publications, Switzerland. Doi10.4028/www.scientific.net/MSF.636-637.1280 (available in full text on the web via platform www.scientific.net).
- 6 CALLEBAUT, K., J. Elsen, K. Van Balen and W. Viaene - *Nineteenth century hydraulic restoration mortars in the Saint Michael's Church (Leuven, Belgium) Natural hydraulic lime or cement?. Cement and Concrete Research 31 (2001), pp. 397-403.*
- 7 REDDY, B., V. Venkatarama and A. Gupta - *Influence of sand grading on characteristics of mortars and soil-cement block masonry*. Construction and Building Materials 22 (2008), pp. 1614-1623.
- 8 STEFANIDOU, M. and I. Papayianni - *The role of aggregates on the structure and properties of lime mortars*. Cement and Concrete Research 27 (2005), pp. 914-919.
- 9 MOSQUERA, M. J., B. Silva, B. Prieto and E. Ruiz-Herrera - *Addition of cement to lime based mortars: Effect on pore structure and vapor transport*. Cement and Concrete Research 36 (2006), pp. 1635-1642.
- 10 DERLUYN, H., H. Janssen and J. Carmeliet - *Influence of the nature of interfaces on the capillary transport in layered materials*. Construction and Building Materials 25 (2011), pp. 3685-3693.
- 11 CEN 2002 - *Methods of test for mortar for masonry. Part 12: Determination of adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates*. Bruxelles, EN 1015-12:2000.
- 12 CEN 2010 - *Building Lime – Part 1: Definitions, specifications and conformity criteria*. Bruxelles, EN 459 – 1:2010.
- 13 CEN 1998 - *Methods of test for mortar for masonry. Part 2: Bulk sampling of mortars and preparation of test mortars*. Bruxelles, EN 1015-2:1998/A1:2006.
- 14 CEN 1999a - *Methods of test for mortar for masonry. Part 3: Determination of consistence of fresh mortar (by flow table)*. Bruxelles, EN 1015-3:1999/A1:2004/A2:2006.
- 15 CEN 2002 - *Methods of test for mortar for masonry. Part 18: Determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened mortar*. Bruxelles, EN 1015-18:2002.
- 16 ASTM D4404-84(2004) - *Standard Test Method for Determination of Pore Volume and Pore Volume Distribution of Soil and Rock by Mercury Intrusion Porosimetry*.



GlazeArch2015

International Conference

Glazed Ceramics in Architectural Heritage

- 17 RILEM Commission 25 PEM 1980 - *Essais recommandés pour mesurer l'altération des pierres et évaluer l'efficacité des méthodes de traitement*. Matériaux et Constructions, 13.
- 18 CEN 1999c - Natural stone test methods. *Determination of real density and apparent density, and of total and open porosity*. Bruxelles, EN 1936:1999.
- 19 G. De SCHUTTER and A. M. Poppe - *Quantification of the water demand of sand in mortar*. Construction and Building Materials 18(2004), pp. 517-521.
- 20 M. ARANDIGOYEN, J. L. Pérez Bernal, M. A. Bello López, and J. I. Alvarez.- *Lime pastes with different kneading water: Pore structure and capillary porosity*. Applied Surface Science 252(2005), pp. 1449-1459.