

Desenvolvimento de argamassas para a reabilitação de edifícios antigos.

Parte 1 – Trabalhabilidade e comportamento mecânico.

Joana Filipa Dias Faria¹, Fernando Pacheco Torgal^{2, †}, Said Jalali³

*Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil
4800 Guimarães, Portugal*

RESUMO

No presente artigo procede-se à apresentação de resultados sobre a trabalhabilidade e o comportamento mecânico (resistência à flexão, resistência à compressão e tensão de arrancamento no ensaio “*Pull-Off*”) de argamassas à base de cal aérea e pozolanas (com alguns aditivos) destinadas à reabilitação de edifícios. O seu desempenho é comparado com o de uma argamassa comercial.

As composições estudadas apresentam em geral, melhor desempenho mecânico que a argamassa comercial, com excepção dos resultados obtidos no ensaio de arrancamento pelo método “*Pull-Off*”, justificando a utilização de aditivos para melhoria deste propriedade.

1. INTRODUÇÃO

A preservação do património edificado Português é impreterível devido à importância que este assume no contexto da identidade de um país com oito séculos de história mas também por motivos económicos ligados ao subsector Turismo (Torgal & Jalali, 2010).

As argamassas de reabilitação/substituição nas últimas décadas têm vindo a assumir um papel de especial relevância dada a crescente necessidade de reabilitação do património edificado.

No contexto da reabilitação do património edificado o aparecimento do cimento Portland propiciou o abandono das argamassas tradicionais à base de cal aérea por se constituir como um ligante capaz de conferir às argamassas de reboco resistências mecânicas mais elevadas e pelo baixo tempo de presa o que permitia a realização dos trabalhos em prazos relativamente mais curtos. Contudo as argamassas contendo como ligante somente o cimento Portland não constituem a solução mais adequada para as intervenções de reabilitação, devido aos inconvenientes que lhe estão normalmente associadas, nomeadamente o elevado módulo de elasticidade que se traduz na incapacidade de acomodar deformações dos suportes, na baixa permeabilidade ao vapor de água e pela introdução de sais solúveis, para além da incompatibilidade química com as argamassas à base de cal (Coelho et al., 2009).

¹ Mestranda em Engenharia Civil

² Investigador C-TAC

[†] Autor para quem a correspondência deverá ser enviada (torgal@civil.uminho.pt)

³ Professor Catedrático Aposentado

O lento processo de carbonatação da cal não proporciona o encorajamento da sua utilização (Margalha, 2007). A utilização de argamassas de cal aérea numa obra de recuperação no Norte de Portugal, necessitou de 13 meses para a aplicação de três camadas e o seu endurecimento (Freitas & Gonçalves, 2008).

Neste contexto o estudo de argamassas tradicionais de cal aérea para a reabilitação de edifícios antigos adquire uma nova dinâmica em virtude de se constituírem como a solução mais adequada em intervenções de reabilitação em edifícios antigos.

A par do interesse pelas argamassas à base de cal tem vindo também a ressurgir o interesse pelo uso das pozolanas com o objectivo de ultrapassar o elevado tempo de endurecimento, mas também pelo incremento das resistências mecânicas (Coelho et al., 2009).

Alguns estudos recentes revelam a utilização de argamassas bastardas com recurso à substituição de parte do cimento por cal, contudo as argamassas à base de cal são as que apresentam maior compatibilidade com o suporte (Agostinho, 2008).

Apesar das argamassas tradicionais corresponderem à solução mais adequada alguns autores referem que a utilização de quantidades mínimas de cimento *Portland* em argamassas de cal pode não representar uma solução tão desadequada desde que as argamassas de reabilitação não estejam expostas a ambientes com elevada humidade relativa (Torgal & Jalali, 2010).

Também Elpida-Chrissy et al. (2008) referem a utilização do cimento Portland como forma de assegurar os valores mínimos de resistência num período de tempo mais curto. Anteriormente outros autores tinham defendido a mesma posição (Mosquera et al., 2006; Arandigoyen et al., 2006; Arandigoyen et al., 2007), pelo que se pode aceitar a utilização de quantidades mínimas de cimento em intervenções com pouco valor histórico ou em zonas com baixas humidades relativas.

Apesar das argamassa bastardas não corresponderem à solução mais adequada para a reabilitação de edifícios antigos, a falta de qualificação técnica dos Operários em Portugal, no âmbito da aplicação de argamassas à base de cal, e de cal e pozolanas traduzem-se num obstáculo para a utilização destas argamassas. Isto porque actualmente, os Operários desconhecem este tipo de materiais, e a sua incorrecta utilização e execução na prática da reabilitação dos edifícios pode constituir-se como mais um factor de degradação das argamassas de edifícios antigos (Torgal & Jalali, 2010).

As argamassas comerciais pré-doseadas parecem constituir uma alternativa em relação às argamassas tradicionais com pozolanas ou argamassas tradicionais bastardas, porém desvantagens como apenas se conhecerem as características fornecidas pelos fabricantes (desconhecendo-se por exemplo adições que entram na sua composição), pela maioria destas argamassas excederem os valores recomendados para o desempenho mecânico e o elevado custo são factores dissuasores para os projectistas e donos de obra (Torgal & Jalali, 2010).

Inevitavelmente tornam-se necessárias investigações que permitam a obtenção de argamassas de reabilitação, que não apresentem nenhuns dos inconvenientes das argamassas comerciais.

O presente artigo tem como objectivo avaliar várias composições à base de cal aérea e pozolanas (metacaolino, cinzas volantes e pó de pasta cerâmica), em termos da sua aptidão para serem utilizadas na reabilitação de edifícios antigos, comparando-se o seu desempenho com o de uma argamassa comercial. A parte 1 incide sobre a trabalhabilidade e o comportamento mecânico.

2. TRABALHO EXPERIMENTAL

2.1 Materiais, composição e fabrico das argamassas

Na composição das formulações utilizaram-se três pozolanas: metacaulino (MK), cinzas volantes (CV) e pó de pasta cerâmica (PPC). Para cada uma das pozolanas foi determinado o índice de actividade com base nas normas NP 4220:2009 e NP EN 196-1:2006. Para definir o índice de actividade foi necessário executar uma argamassa com um cimento de referência (C), de acordo com a norma, é o cimento Portland NP EN 197-1 – CEM I 42,5R.

Para a composição da argamassa normal adoptou-se para a composição do ligante 85% de cimento de referência e 15% de pozolana. Este ensaio pretendeu demonstrar a aptidão das pozolanas como adições do tipo II.

No Quadro 1 apresenta-se o resumo dos resultados de resistência à compressão obtidos e o índice de actividade para cada pozolana.

Quadro 1 – Índice de Actividade das Pozolanas

Argamassas	Idade (dias)	f_c (Mpa)	Índice de Actividade
Padrão	28	44,8	-
85%C + 15%MK	28	43,2	97%
85%C + 15%CV	28	37,6	84%
85%C + 15%PPC	28	35,4	79%

Os resultados obtidos demonstram que o metacaulino é a pozolana com maior índice de actividade, ou seja, com maior reactividade pozolânica conferindo as argamassa resistências mais elevadas. O índice de actividade da argamassa produzida com 15% de cinzas volantes e 85% de cimento de referência é inferior ao da argamassa com metacaulino e superior ao da argamassa com pó de pasta cerâmica. A argamassa com 15% de pó de pasta cerâmica e 85% de cimento de referência é a que possui menor índice de actividade em relação às outras pozolanas, contudo trata-se de uma pozolana com um índice de actividade bastante relevante no que concerne à capacidade de aumentar a resistência à compressão das argamassas.

No presente trabalho foram estudadas onze composições de argamassas e uma argamassa comercial que é segundo o fabricante destinada à aplicação para o saneamento de edifícios degradados pela humidade causada pela ascensão capilar e pela acção de sais sulfatados.

As onze composições estudadas podem ser divididas em três grupos:

- Composições com 10% de ligante e 90% de areia
- Composições com 15% de ligante e 85% de areia
- Composições com 20% de ligante e 80% de areia

O ligante é composto por cal hidratada em pó, pozolanas (metacaulino, cinzas volantes e pó de pasta cerâmica) e o aditivo I para nove das composições em estudo. Em duas composições o ligante é constituído pelos mesmos materiais descritos anteriormente e pelo aditivo II. No Quadro 2 apresenta-se um resumo das percentagens dos constituintes do ligante das composições formuladas.

Quadro 2 – Resumo das percentagens dos constituintes das composições

10% de ligante			15% de ligante			20% de ligante		
5%		5%	10%		5%	15%		5%
Cal	Pozolanas	Aditivo I	Cal	Pozolanas	Aditivo I	Cal	Pozolanas	Aditivo I
25%	75%	5%	25%	75%	5%	25%	75%	5%

No caso das composições com a incorporação do aditivo II a sua formulação corresponde a percentagens de 15% e 20% de ligante, sendo a única diferença a substituição de 5% na quantidade total de pozolana pelo aditivo II.

O denominador comum em todas as formulações em estudo é a areia utilizada e as percentagens de ligante incorporado, isto é, a quantidade de cada um dos materiais corresponde sempre à mesma percentagem em proporção à percentagem total de ligante na mistura. Assim, as variáveis em análise correspondem à influência do traço, da pozolana utilizada e da quantidade de água nas características mecânicas e físicas nas composições em estudo. No Quadro 3 apresenta-se o resumo da constituição do ligante de todas as composições em estudo.

Quadro 3 – Resumo das composições em estudo

Traços	Composições	Cal Aérea + Aditivo I	Metacaulino	Cinzas Volantes	Pó de Pasta Cerâmica	Aditivo II	Designação da Composição
Traço 1:10	Composição 1	x	x				1:10 MK
	Composição 2	x		x			1:10 CV
	Composição 3	x			x		1:10 PPC
Traço 1:7	Composição 4	x	x				1:7 MK
	Composição 5	x		x			1:7 CV
	Composição 6	x			x		1:7 PPC
	Composição 7	x	x			x	1:7MK_ADI
Traço 1:5	Composição 8	x	x				1:5 MK
	Composição 9	x		x			1:5 CV
	Composição 10	x			x		1:5 PPC
	Composição 11	x			x	x	1:5PPC_ADI

A quantidade de água utilizada em cada composição é diferente, para determinar qual a quantidade de água a acrescentar a cada mistura efectua-se o ensaio de espalhamento de acordo com a Norma BS EN 1015-3:1999. No caso da argamassa comercial a quantidade de água a acrescentar à mistura é fornecida pelo fabricante, neste trabalho adoptou-se as prescrições do fabricante, realizando posteriormente a ensaio de espalhamento.

Para a realização dos ensaios foram produzidos provetes 40 x 40 x160mm para os ensaios de determinação da resistência à flexão e à compressão e absorção de água por capilaridade. Para o ensaio da permeabilidade ao vapor de água foram produzidos provetes em forma de disco com 175mm de diâmetro. Por fim, para determinar a tensão de arrancamento procedeu-se à aplicação das composições como camadas de reboco em blocos.

2.2 Técnicas Experimentais

2.2.1 Consistência

A avaliação da consistência das argamassas em estudo foi determinada de acordo com os procedimentos preconizados na Norma BS EN 1015-3:1999. O ensaio de espalhamento é realizado imediatamente após a produção da amassadura. Este ensaio teve como finalidade determinar qual a quantidade de água a adicionar a cada composição em estudo garantindo a trabalhabilidade da argamassa e simultaneamente evitar o excesso de água em cada composição.

2.2.2 Resistência à compressão e à flexão

A resistência à compressão e à flexão foi determinada de acordo com o preconizado nas normas BS EN 1015-11:1999 e pela norma NP EN 196-1:2006. Os ensaios para a determinação da resistência à flexão e compressão realizam-se para as idades de 7, 28 e 56 dias. Os valores obtidos de resistência à flexão resultam da média dos valores de três provetes e a resistência à compressão resulta da média dos valores obtidos em seis provetes.

2.2.3 Ensaio “Pull-off”

A avaliação da aderência entre as argamassas estudadas e o suporte foi feita com o ensaio “Pull-off” preconizado pela norma EN 1015-12:2000. De acordo com a referida Norma, utilizou-se como substrato blocos de cimento com dimensões de 50x20x10cm (Figura 1). Antes da aplicação da camada de reboco todos os substratos foram imersos em água de forma a evitar a absorção da água presente na argamassa de reboco. A espessura adoptada para a camada de reboco foi de 10mm de espessura. Por cada composição estudada foi executada uma amostra para o ensaio, assim como para a argamassa comercial. O ensaio de arrancamento foi efectuado aos 28 dias de idade, procedendo-se carotagem e à colagem de pastilhas metálicas com 45mm de diâmetro. O ensaio consiste na determinação da tensão de arrancamento e do modo de rotura.

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 Consistência

No Quadro 5 apresentam-se os resultados da consistência das argamassas no estado fresco, da quantidade de água e da relação água/ligante em todas as composições.

A análise do Quadro 4 permite aferir que a diminuição da percentagem de ligante implica a diminuição da quantidade de água e conseqüentemente valores de consistência inferiores. A argamassa comercial é a que apresenta maior valor de consistência.

Segundo Coelho *et al.* (2009) a consistência seca é a mais recomendável, isto é, as argamassas não devem apresentar excesso de água. Assim, as argamassas ao traço 1:5 são as que apresentaram maiores valores de consistência, demonstrando aquando a compactação algum excesso de água, não sendo por isso tão recomendáveis.



Figura 1 – Provetes com 28 dias de idade antes e após a carotagem

Quadro 4 – Quantidade de água e consistência de cada composição

Composições	Quantidade de água (ml)	a/l	Consistência (%)
Argamassa Comercial	225	-	60
1:5 MK	375	1,25	57
1:7 MK	350	1,63	40
1:10 MK	325	2,17	22
1:5 CV	309	1,03	40
1:7 CV	286	1,33	16
1:10 CV	280	1,87	8
1:5 PPC	310	1,03	57
1:7 PPC	290	1,35	19
1:10 PPC	285	1,90	10
1:7MK_ADI	350	1,63	48
1:5PPC_ADI	310	1,03	65

As composições ao traço 1:7 são as que demonstraram uma consistência mais seca (e por isso mais recomendável) e aquando a compactação não demonstraram excesso de água. As composições ao traço 1:10 são as que demonstraram os valores mais baixo de consistência sendo argamassas com pouca trabalhabilidade.

Em relação às composições com a incorporação do aditivo II verificou-se que a substituição de uma pequena percentagem de pozolana pelo aditivo implica o aumento da consistência da argamassa.

Rodrigues (2004) num estudo sobre argamassas de revestimento obteve valores de consistência na ordem dos 74% para argamassas de cal aérea ao traço 1:3 e valores entre 85% e 150% para argamassas pré-doseadas. Com base nos resultados obtidos, no referido estudo, é possível constatar que a alteração do traço da mistura e o ligante utilizado influencia significativamente a consistência das argamassas, isto é, a adição de pozolanas em argamassas

de cal aérea e a produção de argamassas com menores percentagens de ligante conduz a valores de consistência inferiores.

Os valores de consistência obtidos para as argamassas pré-doseadas são superiores ao valor registado para a argamassa comercial em estudo, o que demonstra que a consistência das argamassas pré-doseadas são diversificadas de fabricante para fabricante e que o seu valor depende da quantidade de água recomendada, contudo salienta-se que estas argamassas apresentam uma consistência mais fluída que pode ser devida a vários factores, como por exemplo, a adição de adjuvantes.

3.2 Resistência à Compressão

Na Figura 2 apresenta-se a evolução da resistência à compressão para nove das composições em estudo e para a argamassa comercial.

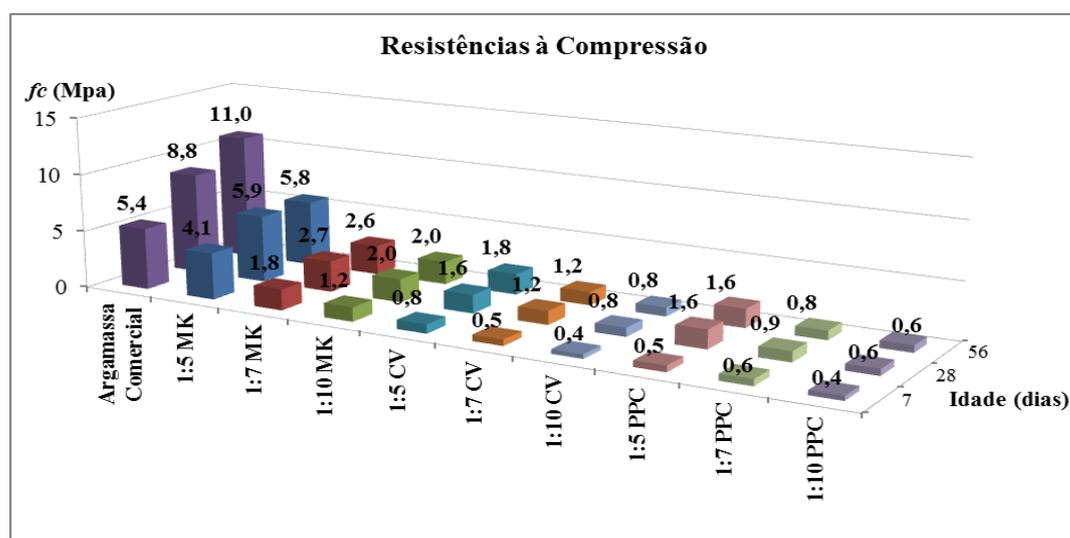


Figura 2 – Valores médios das Resistências à Compressão

A análise do desempenho das argamassas estudadas ocorre em duas vertentes: a primeira analisa o desempenho das argamassas formuladas com a mesma pozolana a diferentes traços e a segunda analisa o desempenho das argamassas realizadas com diferentes pozolanas ao mesmo traço de amassadura. Em ambas as vertentes efectua-se a comparação dos resultados em relação à argamassa comercial.

A análise dos resultados de resistência à compressão permite concluir que as composições em estudo apresentam valores de resistência muito inferiores aos obtidos para a argamassa comercial em todas as idades. A diminuição da percentagem de ligante, para as composições realizadas com a mesma pozolana a diferentes traços, conduz a valores de resistência mais baixos.

A análise das composições realizadas ao mesmo traço de amassadura com diferentes pozolanas permite concluir que o metacaulino é a pozolana mais reactiva, uma vez que, as composições formuladas com esta pozolana são as que apresentam valores de resistência mais elevados.

Na literatura analisada os valores recomendados de resistência à compressão para argamassas de substituição para edifícios antigos variam entre 0,4 a 2,5MPa (Veiga, 2003) o que demonstra que a composição 1:5MK e a argamassa comercial apresentam valores superiores aos valores recomendados, razão pela qual não são adequadas para aplicação como camada de reboco na reabilitação de edifícios antigos.

3.3 Resistência à Flexão

Na Figura 3 apresenta-se a evolução da resistência à flexão para nove das composições em estudo e para a argamassa comercial.

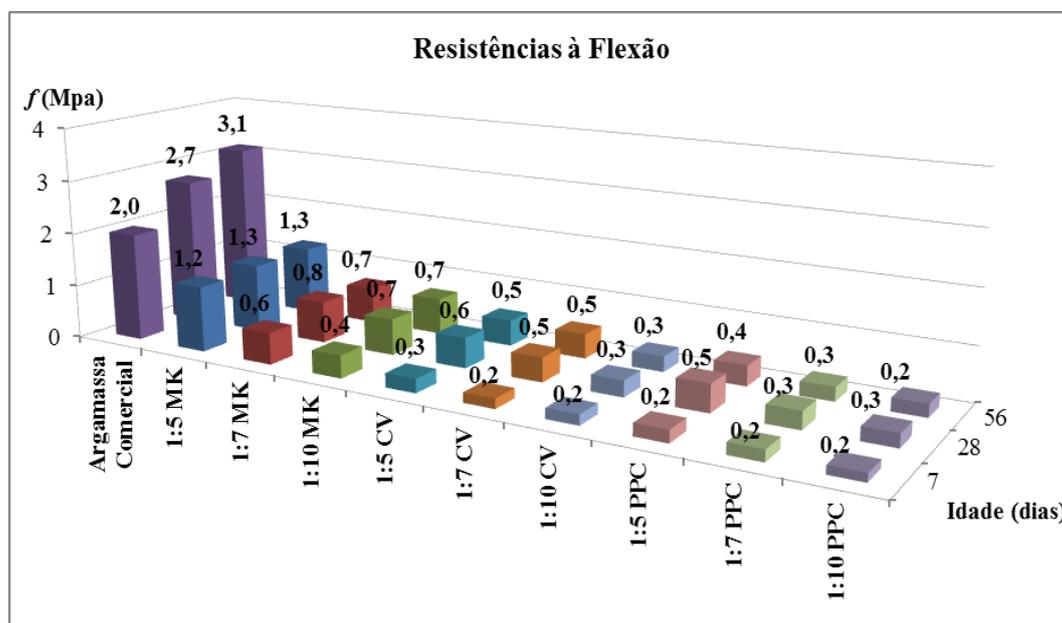


Figura 3 – Valores médios das Resistências à Flexão

As composições em estudo apresentam valores de resistência à flexão muito inferiores em relação aos valores obtidos para argamassa comercial.

Nas composições efectuadas com a mesma pozolana, a diferentes traços de amassadura, verificou-se que a diminuição da percentagem de ligante implica a diminuição das resistências à flexão.

A análise das argamassas realizadas ao mesmo traço com diferentes pozolanas permitiu concluir que o metacaulino é a pozolana mais reactiva, isto é, com a mesma dosagem de pozolana obtém-se resistências superiores, o que já tinha sido evidenciado também aquando a determinação do índice de actividade.

Segundo Veiga (2003) os valores recomendados para a resistência à flexão em argamassas de substituição variam entre 0,2 e 0,7MPa. Assim os resultados obtidos para todas as composições enquadram-se no intervalo de valores recomendados demonstrando que as composições em estudo, à excepção da argamassa comercial e da composição 1:5MK, são adequadas para aplicação como argamassas de substituição em edifícios antigos.

Tal como verificado anteriormente, o incremento na resistência é mais significativo entre os 7 e os 28 dias de idade, verificando-se que a partir dos 28 dias não ocorrem incrementos no valor da resistência à flexão, com excepção da argamassa comercial.

3.4 Efeito de adições no comportamento mecânico

Na presente secção analisa-se o efeito da incorporação do aditivo II no comportamento mecânico aos 28 dias de idade. A análise dos resultados obtidos para as composições com incorporação do aditivo II realiza-se em relação a composições que são efectuadas com igual percentagem de ligante e quantidade de água, mas que na sua composição não foi incorporado o aditivo II. Também se analisam os resultados obtidos em relação aos valores obtidos para argamassa comercial.

A Figura 4 apresenta o efeito da incorporação do aditivo II na resistência à flexão e à compressão para as composições formuladas com metacaulino ao traço 1:7.

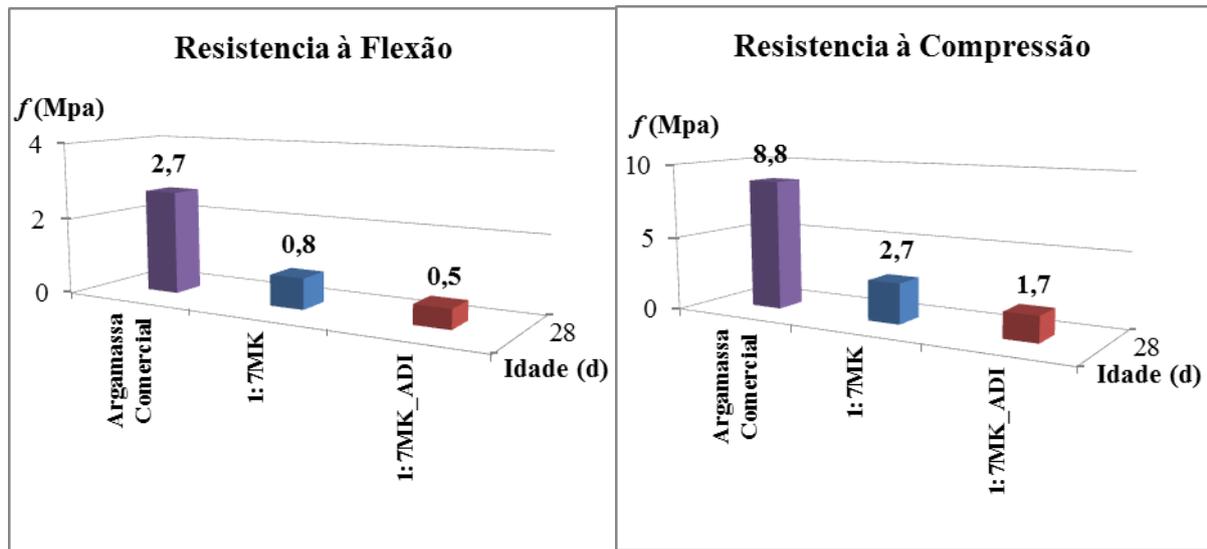


Figura 4 – Valores médios da Resistência à Flexão e à Compressão das composições 1:7MK (sem aditivo II) e 1:7MK_ADI (com aditivo II)

Pela observação da Figura 5 verifica-se a diminuição das resistências com a adição do aditivo II, sendo a diminuição do incremento na resistência à flexão e à compressão correspondente a 37%. A diminuição das resistências pode estar relacionada com a substituição na percentagem da pozolana pelo aditivo II, apesar de ser uma quantidade mínima, tem impacto no desempenho da argamassa no que concerne aos valores das resistências.

Em relação à argamassa comercial a composição com incorporação do aditivo II apresenta valores de resistência significativamente mais baixos.

O gráfico da Figura 5 apresenta o efeito da incorporação do aditivo II na resistência à flexão e à compressão para as composições formuladas com pó de pasta cerâmica ao traço 1:5.

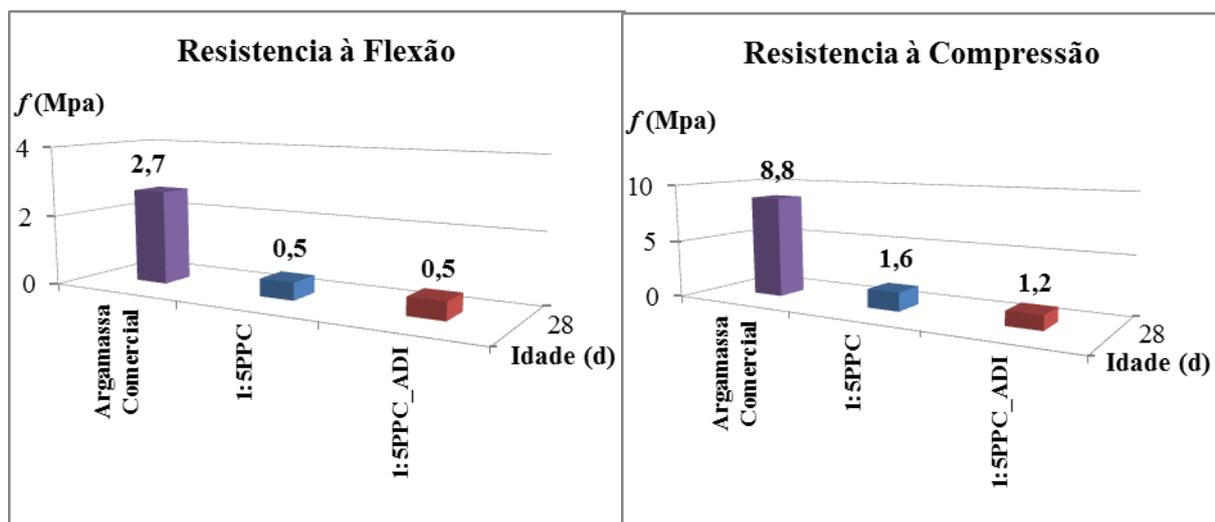


Figura 5 – Valores médios da Resistência à Flexão e à Compressão das composições 1:5PPC (sem aditivo) e 1:5PPC_ADI (com aditivo)

A composição 1:5PPC_ADI apresenta o mesmo valor de resistência à flexão que a composição 1:5PPC, enquanto na resistência à compressão verifica-se a diminuição de 25% em relação a composição sem aditivo. Tal como na composição anterior, a diminuição da resistência pode relacionar-se com a substituição na percentagem da pozolana pelo aditivo. A composição com incorporação do aditivo II apresenta valores de resistência mais baixos que os apresentados pela argamassa comercial.

Como referido anteriormente os valores recomendados para a resistência à flexão variam entre 0,2 e 0,7MPa e para a resistência à compressão entre 0,4 e 2,5MPa (Veiga, 2003), desta forma, conclui-se que as composições com incorporação do aditivo II apresentam valores de resistência enquadrados nos valores de referência.

3.5 Ensaio “Pull-off”

No Quadro 5 apresenta-se o resumo dos valores médios da tensão de rotura e o modo de rotura para a argamassa comercial e para as composições em estudo.

As composições em estudo apresentam valores médios de tensão de arrancamento significativamente inferiores ao valor registado para a argamassa comercial.

Nas composições produzidas com a mesma pozolana a diferentes traços verifica-se que a tensão de arrancamento diminui à medida que a percentagem de ligante incorporada nas argamassas também diminui. Desta forma, a incorporação de maiores percentagens de ligante, nomeadamente pozolanas, traduz-se num melhoramento do comportamento da argamassa em relação às condições de aderência.

Quadro 5 – Valores médios da Tensão de Rotura e Modo de rotura

Composição	Valores médios da Tensão de Arrancamento (Mpa) aos 28 dias	Modo de Rotura
Argamassa Comercial	0,16	No interior da argamassa de revestimento
1:5MK	0,07	Na interface da argamassa de revestimento
1:7MK	0,04	Na interface da argamassa de revestimento
1:10MK	0,02	Na interface da argamassa de revestimento
1:5CV	0,09	Na interface da argamassa de revestimento
1:7CV	0,04	Na interface da argamassa de revestimento
1:10CV	0,01	Na interface da argamassa de revestimento
1:5PPC	0,07	Na interface da argamassa de revestimento
1:7 PPC	0,02	Na interface da argamassa de revestimento
1:10PPC	-	Na interface da argamassa de revestimento

A análise das composições produzidas ao mesmo traço de amassadura com diferentes pozolanas afere-se que a composição 1:5CV apresenta um valor de tensão de arrancamento superior em 29% às composições 1:5MK e 1:5PPC, uma vez que, estas apresentam igual valor de tensão de arrancamento. As composições 1:7MK e 1:7CV apresentam valores de tensão de arrancamento iguais, enquanto para a composição 1:7PPC verifica-se uma diminuição de 50 %.

No caso da composição 1:10PPC não foi possível realizar o ensaio, uma vez que, durante a realização da carotagem do provete (bloco + argamassa) os carotes de argamassa destacavam-se do substrato.

Os valores recomendados para a tensão de arrancamento em argamassas de substituição variam entre 0,1 e 0,3MPa (Veiga, 2003). As composições em estudo apresentam

valores médios de tensão de arrancamento abaixo do valor mínimo de referência, razão pela qual se considera que as composições em estudo não possuem bom desempenho em relação à aderência a substratos, para além de se verificar que a rotura ocorre de forma adesiva. Porém, a argamassa comercial apresenta um valor de tensão de arrancamento enquadrado nos valores de referência e modo de rotura coesivo o que demonstra boa aderência ao substrato.

No Quadro 6 apresentam-se os resultados obtidos para as composições com incorporação do aditivo II.

Quadro 6 – Valores médios da Tensão de Arrancamento para as composições com o aditivo II

Composição	Valores médios da Tensão de Arrancamento (Mpa) aos 28 dias	Modo de Rotura
1:7MK_ADI	0,06	Na interface da argamassa de revestimento
1:5PPC_ADI	0,16	No interior da argamassa de revestimento

As composições com a incorporação do aditivo II, para melhoramento das condições de aderência, traduzem um incremento da tensão de arrancamento. No caso da composição 1:7MK_ADI o incremento é na ordem dos 50% em relação à composição 1:7MK, todavia o valor obtido mantém-se inferior ao valor mínimo de referência (0,1MPa). Na composição 1:5PPC_ADI o valor da tensão de arrancamento corresponde ao mais do dobro da tensão obtida para a composição 1:5PPC, obtendo-se um valor para a tensão de arrancamento enquadrado nos valores de referência.

As composições com incorporação do aditivo II apresentam tipos de rotura diferentes. No caso da composição 1:7MK_ADI a rotura ocorre de forma adesiva entre a argamassa e o substrato demonstrando a reduzida capacidade de aderência ao suporte tal como o verificado para as restantes composições. Na composição 1:5PPC_ADI a rotura ocorre de forma coesiva, o que demonstra a influência do aditivo II no modo de rotura, mas também no valor da tensão de arrancamento.

4. CONCLUSÕES

Da avaliação dos resultados das resistências à flexão e à compressão verificou-se que só a argamassa comercial e a composição 1:5MK apresentam valores superiores ao valor máximo recomendado. Contudo realça-se que os valores das resistências obtidos para a argamassa comercial e para a composição 1:5MK são significativamente superiores aos recomendados demonstrando-se inadequados para aplicação em intervenções de reabilitação. As restantes composições em estudo apresentam valores enquadrados nos valores de referência para as resistências à flexão e à compressão.

No ensaio de arrancamento (“Pull-Off”) todas as composições, à excepção da argamassa comercial, apresentam valores inferiores ao mínimo recomendado e o tipo de rotura associado é adesiva, ou seja, na interface reboco/suporte, o que demonstra a reduzida aderência das composições. Pela análise de estudos anteriores estes resultados eram previsíveis, razão pela qual se adicionou um aditivo para o melhoramento da aderência. A adição do aditivo II à composição base 1:5MK traduziu-se num aumento da aderência, no entanto ainda insuficiente tendo em conta os valores de referência adoptados. No caso da adição à composição 1:5PPC o incremento no valor da tensão de arrancamento é notório, conduzindo a valores da mesma ordem da argamassa comercial.

REFERÊNCIAS

Agostinho, C., Estudo da evolução do desempenho no tempo de argamassas de cal aérea. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa (2008).

Arandigoyen, M.; Alvarez, J., Blended pastes of cement and lime: Pore structure and capillary porosity. *Applied Surface Science* 552, 8077-8085 (2006).

Arandigoyen, M.; Alvarez, J., Pore structure and mechanical properties of cement-lime mortars. *Cement and Concrete Research* 37, 767-775 (2007).

Coelho, A., Desenvolvimento de Argamassas à base de Cal e Pozolanas. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho - Departamento de Engenharia Civil, Guimarães (2010).

Coelho, A.; Torgal, F.Pacheco; Jalali, S., A cal na Construção. Edição Tecminho ISBN 978-972-99179-8-1, Guimarães (2009).

Elpida-Chrissy, A.; Eleni-Eva, T.; Elizabeth, V., Lime-Pozzolan-Cement compositions for the repair and strengthening of historic structures. International Conference HMC 08 - Historical Mortars Conference: Characterization, Diagnosis, Repair and Compability. LNEC, Lisbon (2008).

Freitas, V. P.; Gonçalves, P., Specification and lime required for the application of a lime-based render inside historic buildings. International Conference HMC 08 - Historical Mortars Conference: Characterization, Diagnosis, Repair and Compatibility. LNEC, Lisbon (2008).

Margalha, M. G.; Veiga, M.R.; Velosa, A.L., The Maturation Time Factor on the Lime Putty Quality. 7th International Brick masonry Conference (2007).

Mosquera, M.; Silva, B.; Prieto, B.; Ruiz-Herrera, E., Addition of cement to lime-based mortars: Effect on pore structure and vapor transport. *Cement and Concrete Research* 36, 1635-1642 (2006).

Rodrigues, M. P., Argamassas de Revestimento para Alvenarias Antigas - Contribuição para o estudo da influência dos ligantes. Tese para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil. Universidade Nova Lisboa - Departamento de Engenharia Civil. Lisboa (2004).

Sá, A. F., Rebocos em Paredes de Pedra e Cal. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Construção. Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico. Lisboa (2005).

Torgal, Fernando Pacheco; Jalali, S., Contextualização da problemática relativa à utilização de argamassas bastardas em obras de reabilitação. *Revista Internacional Construlink - Estruturas e Construções* (2010) (aceite para publicação).

Veiga, M., Argamassas para revestimento de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes. Actas do 3º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. LNEC, Lisboa (2003).

Veiga, R. Arquitectura Ibérica. Os Revestimentos Antigos e a Identidade dos Edifícios." *Arquitectura Ibérica, Reabilitação* nº12, pp. 16 (2006).