

Argamassas de substituição com resíduos de tijolo cerâmico



Gina Matias
Mestre, Departamento de
Engenharia Civil da
Universidade de Coimbra.
Portugal
gina_lourenco@sapo.pt



Isabel Torres
Professora Auxiliar,
Departamento de
Engenharia Civil da
Universidade de Coimbra.
Portugal
itorres@dec.uc.pt



Paulina Faria
Professora Coordenadora,
Instituto Politécnico de
Setúbal e CICC-U.C
Portugal
paulina.faria@estbarreiro.i
ps.pt

Resumo: Do ponto de vista da sustentabilidade, é cada vez mais importante a reutilização de materiais de construção cuja produção exige consumos energéticos elevados e uma grande produção de resíduos, assim como a valorização desses resíduos. No sentido de aprofundar o conhecimento acerca da influência dos resíduos de cerâmica de barro vermelho no comportamento das argamassas de cal, destinadas à substituição e reparação de argamassas antigas, apresenta-se um trabalho experimental em que foi analisado o comportamento físico e mecânico de argamassas com base em cal aérea e adições, estabelecendo a sua relação com a caracterização de um caso específico de resíduos de cerâmica de barro vermelho.

Palavras-chave: Argamassas de cal aérea, resíduos de cerâmica, caracterização, pozolana, agregado.

1. INTRODUÇÃO

As argamassas possuem um papel importante relativamente à durabilidade das alvenarias, uma vez que, entre outras funções, estas conferem protecção contra agentes agressivos do meio ambiente. Com vista à conservação dos edifícios mais antigos, constituídos, essencialmente, por alvenarias com argamassas de cal, é importante reconhecer, não só as técnicas que, com o tempo, caíram em desuso, mas também os materiais mais comuns.

Frequentemente, observam-se edifícios antigos com aplicação de argamassas de cal, com resíduos de cerâmica de barro vermelho na sua constituição, com granulometria grosseira ou fina. Em granulometria fina, os resíduos de cerâmica podem eventualmente desempenhar a função de pozolana, se a sílica e alumina existentes no material reagirem com o hidróxido de cálcio da cal (embora a sua reactividade pozolânica seja essencialmente condicionada pelo tratamento térmico – em termos de temperatura e

período de cozedura – e pela superfície específica). Em granulometria grosseira, os resíduos poderão desempenhar a função de agregado com características específicas.

A utilização de resíduos de cerâmica de barro vermelho e a integração dos mesmos em argamassas para aplicação na reabilitação de edifícios poderá trazer vantagens em vários níveis: poderá ser viável do ponto de vista da técnica, eventualmente até pela obtenção de características que optimizem as argamassas de cal aérea, e é viável, sobretudo, do ponto de vista ambiental. Caso se recorra à utilização dos resíduos em granulometria fina, haverá uma tendência para a redução no consumo de ligantes (que envolvem processos de elevado consumo energético) e de margas ou calcários. No caso do recurso a resíduos de cerâmica para substituição parcial do agregado, poderá haver uma redução da extracção de rochas e areias. Por outro lado, haverá uma redução considerável da deposição de material cerâmico inutilizado em aterro (estima-se que cerca de 30% do material cerâmico produzido é desperdiçado) [1].

Sabe-se que a argila, quando submetida a determinadas temperaturas, sofre transformações, podendo dar origem a substâncias com uma reactividade pozolânica considerável. Geralmente, a temperatura de cozedura ideal ronda os 600 °C a 800 °C, e afecta, quer a constituição mineralógica da matéria-prima, quer a sua morfologia. Estes são os principais parâmetros que condicionam a reactividade pozolânica do material: em termos de composição mineralógica, uma quantidade elevada de sílica e alumina indicam uma maior reactividade, uma vez que estes compostos reagem com o hidróxido de cálcio da cal, e em termos de morfologia, um material com constituintes no estado amorfo terá também maior reactividade. Como exemplo [2], temos a caulinite, que atinge o estado amorfo (metacaulino) quando atinge os 583°C.

Também a superfície específica condiciona significativamente a reactividade pozolânica do material, pelo que, quanto maior a superfície específica das partículas, mais reactivo este será. A quantidade de água, o condicionamento e o grau de compactação são também factores podem afectar a reactividade de pozolanas utilizadas em argamassas.

Enquanto agregado, a forma dos resíduos também influencia o desempenho das argamassas. A forma dos grãos condiciona a aderência do ligante ao agregado, a trabalhabilidade da mistura no estado fresco, a quantidade de água utilizada e a distribuição das partículas no estado endurecido, que condicionam a compactação e, conseqüentemente, a resistência e porosidade da argamassa [3]. Devem ser tidos em conta aspectos como a esfericidade, a angularidade e a textura. Outros aspectos, como a capilaridade e a secagem das argamassas, podem também ser alterados pela utilização destes resíduos.

Este estudo visou alargar o conhecimento acerca de argamassas de substituição, recorrendo a técnicas e materiais actualmente menos comuns e incentivar o uso de resíduos industriais, com vista a contribuir para o desenvolvimento sustentável na construção [4].

As argamassas estudadas são constituídas por resíduos de tijolo, finamente moídos, de forma a poderem actuar como pozolana, reagindo com a cal aérea e em sua substituição parcial, ou com uma moagem grosseira, com granulometria semelhante à da areia utilizada, e em substituição parcial da mesma. Os resultados obtidos são comparados entre si, e os resultados de argamassas de controlo, unicamente com cal aérea e areia, ou com

cimento e areia, e também com estudos de alguma bibliografia relativa ao assunto abordado.

Inicialmente, foram determinadas propriedades físicas e mecânicas das argamassas. Posteriormente, e uma vez que as argamassas realizadas apresentam características que indicam o cumprimento de algumas das hipóteses colocadas à partida, realizou-se a análise dos resíduos de tijolo utilizados, sob a forma de pó e em grão, recorrendo a imagens de Microscopia Electrónica de Varrimento - SEM e microanálise dos constituintes recorrendo a uma sonda EDS.

2. DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

2.1 Matérias-primas

Utilizou-se a mesma areia de rio em todas as misturas, cuja granulometria foi determinada de acordo com a norma NP EN 933-1 [5]. Determinou-se o respectivo módulo de finura ($M_f = 3,05$ mm) e curva granulométrica (para, após a moagem do resíduo de tijolo, proceder à sua distribuição, por dimensões das partículas, de forma que a granulometria usada deste subproduto fosse semelhante à da areia utilizada), que é apresentada na Figura 1. O tijolo foi moído num moinho de martelos e separado por peneiração. O resíduo mais fino resultante da peneiração (partículas com dimensões inferiores a 0,075 mm) foi utilizado nas misturas admitindo que houvesse a possibilidade de funcionar como pozolana (pt), e o mais grosso foi utilizado como agregado, depois de redistribuído com granulometria semelhante à areia (gt). Nas argamassas em estudo utilizou-se como ligante uma cal viva micronizada (CL90), tendo-se usado cimento (CEM II/B-L 32,5N) para a realização de argamassas de controlo.

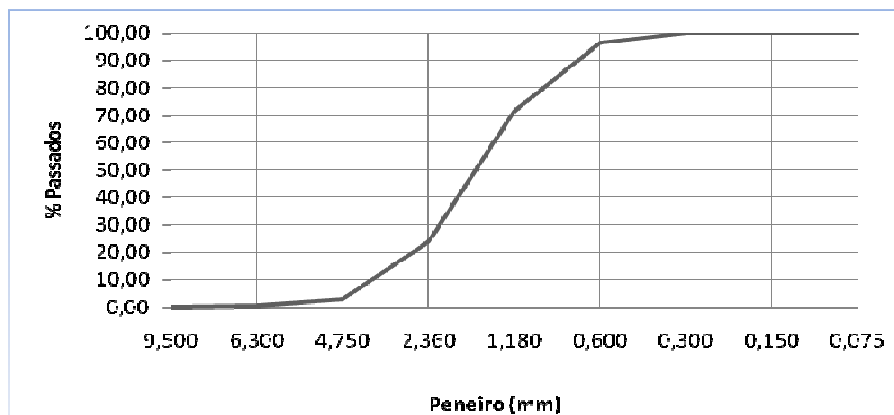


Figura 1 – Curva granulométrica da areia de rio utilizada

2.2 Preparação das argamassas e provetes

Os provetes foram preparados hidratando, inicialmente, a cal viva micronizada e, após redução da temperatura, resultante da forte reacção exotérmica, foi adicionada a areia e os resíduos de tijolo. Mantiveram-se as condições de execução em todas as argamassas e procurou-se uma trabalhabilidade comparável. Todos os provetes foram executados em

condições idênticas e conservados à temperatura de 22 °C e humidade relativa de 50 ± 5%. Na Tabela 1 apresentam-se as composições das argamassas estudadas, bem como as proporções volumétricas e ponderais.

Tabela 1 - Traço ponderal e traço volumétrico das composições estudadas.

	Traço Ponderal	Traço Volumétrico
A (ca:ar1,5)	1:3	1:1,5
B (ci:ar3)	1:4	1:3
C (ca:pt:ar1,5)	1:0,5:3	1:0,4:1,5
D (ca:gt:ar1)	1:1:2	1:0,7:1
E (ca:pt:gt:ar1)	1:0,5:1:2	1:0,4:0,7:1
F (ca:ar3)	1:6	1:3
G (ci:ar4)	1:5,3	1:4
H (ca:pt:ar3)	1:0,6:6	1:0,5:3
I (ca:gt:ar2)	1:1,4:4	1:1:2
J (ca:pt:gt:ar2)	1:0,6:1,4:4	1:0,5:1:2

ca - cal; ar - areia; pt - pó de tijolo; gt - tijolo moído; ci - cimento.

2.3 Procedimento experimental, resultados e discussão

2.3.1 Permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor de água foi determinada de acordo com a norma EN ISO 12572 [6], tendo em conta alguns dos aspectos mencionados na norma EN 1015-19 [7]. Foi utilizado o método da tina húmida, em ambiente com uma humidade relativa de 50% e temperatura de 22 °C.

Foram efectuados ensaios aos 60 dias e, a algumas das argamassas estudadas, também aos 30 dias para aferir a representatividade dos resultados do ensaio em idades mais reduzidas, dado que o processo de carbonatação das argamassas de cal é lento e a reactividade pozolânica também é algo morosa.

Na Tabela 2 é apresentada uma síntese dos resultados obtidos nos ensaios de argamassas no estado endurecido, aos 30 e aos 60 dias. Os provetes D e E, com grão e pó de tijolo na sua composição e elevado teor em ligante, foram os que apresentaram os valores mais elevados de permeabilidade ao vapor de água. O valor mais baixo é referente aos provetes de argamassas de cimento, cuja resistência à difusão do vapor é, aproximadamente, o dobro da resistência das restantes argamassas. Verificou-se, de um modo geral, a tendência para a diminuição da permeabilidade ao vapor de água, ao longo do tempo. Considera-se, de entre os resultados das argamassas com resíduos de tijolo, que aquela que apresentou melhor desempenho relativamente a esta característica terá sido a argamassa E, com agregado de tijolo e pó de tijolo na sua composição, em menor proporção relativamente aos outros constituintes.

2.3.2 Absorção de água por capilaridade

A absorção de água por capilaridade foi determinada recorrendo às indicações da norma EN 1015-18 [8] e ainda a alguma bibliografia consultada [2]. Foi utilizado um pequeno tanque, com as condições necessárias para manter condições de saturação no seu interior, e o ensaio decorreu mantendo uma altura da lâmina de água correspondente a 5 mm acima da base dos provetes.

Os resultados são apresentados na Tabela 2. De acordo com os resultados, as argamassas D e E (com grão de tijolo e grão e pó de tijolo, respectivamente) têm um coeficiente de absorção por capilaridade superior às restantes. B e G são as argamassas que apresentam os resultados mais baixos, como seria de esperar para argamassas de cimento. A argamassa que absorveu mais água por capilaridade foi a C, com pó de tijolo na sua composição. Verificou-se que as argamassas de cal absorveram uma quantidade elevada de água, por acção da capilaridade, e registaram velocidades iniciais de absorção muito rápidas. No entanto, as argamassas H e I destacam-se por demonstrarem um bom comportamento relativamente às restantes. Ambas as argamassas mencionadas contêm ou pó de tijolo, ou grão de tijolo, com quantidades de ligante inferiores. Relativamente à totalidade de água absorvida, as argamassas F, I e J registaram um desempenho razoável, o que pode estar relacionado com as quantidades de grão de tijolo ou pó de tijolo (I e J) e com a quantidade de agregado na argamassa (F). No geral, as argamassas com maior quantidade de ligante apresentaram pior desempenho que as restantes.

2.3.3 Resistência à flexão e compressão e módulo de elasticidade dinâmico

O módulo de elasticidade dinâmico de cada uma das argamassas foi determinado recorrendo a um equipamento que tem como princípio a propagação de ultra-sons através do material [9]. Com os mesmos provetes, determinou-se a resistência à flexão por apoio em três pontos e, com cada uma das metades resultantes, a resistência à compressão. Para determinação da resistência à flexão e compressão, seguiram-se as indicações da norma EN 1015-11 [10].

Todas as argamassas de cal apresentaram valores bastante reduzidos de resistência à flexão e compressão. As argamassas C, D, E e F apresentaram os menores valores de resistência à compressão e C, E e J de resistência à tracção por flexão. Como tal, poderá afirmar-se que as argamassas C e E têm um pior desempenho global relativamente às características mecânicas. Quanto ao módulo de elasticidade dinâmico, os valores obtidos para todas as argamassas resultaram muito superiores ao esperado. Os elevados valores obtidos relativamente ao módulo de elasticidade dinâmico devem-se, muito provavelmente, ao equipamento utilizado, e devem ser tidos em conta apenas em termos comparativos e não absolutos.

Tabela 2 - Síntese dos resultados dos ensaios físicos e mecânicos

Arg.	Caract. mecânicas			Permeabilidade ao vapor de água				Absorção capilar	
	60 dias			30 dias		60 dias		60 dias	
	E	R _f	R _c	δ (x10 ⁻¹¹)	μ	δ (x10 ⁻¹¹)	μ	C	CA
	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[kg/(m.s.Pa)]		[kg/(m.s.Pa)]		[kg/(m ² .min ^{0,5})]	[kg/m ²]
A	6150	0,55	0,55	1,76	11,09	1,62	12,06	6,05	0,38
B	11944	2,64	6,48	0,98	20,15	1,08	18,08	1,29	0,08
C	6186	0,33	0,30	1,74	10,99	1,60	12,23	6,12	0,12
D	5738	0,34	0,45	1,90	10,30	1,74	11,29	6,41	0,29
E	6090	0,34	0,32	1,99	9,90	1,85	10,62	6,75	0,08
F	7317	0,34	0,44	-	-	1,54	12,70	5,38	0,13
G	12212	2,13	5,47	-	-	1,21	16,12	1,02	0,05
H	7021	0,43	0,66	-	-	1,64	11,90	2,45	0,18
I	6370	0,36	0,48	-	-	1,59	12,24	2,91	0,15
J	7144	0,48	0,23	-	-	1,41	13,82	3,45	0,35

δ (x10⁻¹¹) - Permeabilidade ao vapor de água; μ - Factor de resistência ao vapor de água; C - Coeficiente de absorção de água por capilaridade; CA - Quantidade de água absorvida; E - Módulo de elasticidade dinâmico; R_f - Resistência à tracção por flexão, R_c - Resistência à compressão.

Considerou-se que os valores aceitáveis para resistências à flexão e compressão de argamassas para rebocos estariam entre 0,2 e 0,7 MPa e 0,4 e 2,5 MPa [11], respectivamente. Relativamente à tracção por flexão, todas as argamassas de cal apresentaram valores dentro do intervalo definido. As argamassas C, E e J apresentaram valores de resistência à compressão inferiores aos indicados. No entanto, no geral, os valores obtidos de resistência à compressão foram bastante reduzidos. Considerou-se que as argamassas de cal aérea que apresentaram características mecânicas globais aceitáveis foram as designadas como A, H e I.

Considera-se que as baixas resistências mecânicas obtidas nas argamassas com pó de tijolo devem-se, possivelmente, à cura seca e muito rápida (50 % de humidade relativa).

No global, as argamassas H e I demonstraram ter melhor comportamento físico e mecânico, enquanto argamassas de substituição, o que indicia que as argamassas com traço volumétrico de 1:3 de cal e agregado, com pó de tijolo ou grão de tijolo em substituição parcial da areia, poderão ter uma aplicação viável.

No entanto, uma vez que esta campanha inicial permitiu indicar a viabilidade deste tipo de argamassas, e antes de se proceder a nova campanha experimental em que se debelem algumas das situações agora detectadas, vai procurar-se também caracterizar os subprodutos utilizados, de modo ao seu mais profundo conhecimento permitir a optimização das argamassas com eles elaboradas.

3. ANÁLISE DOS RESÍDUOS DE TIJOLO

3.1 Microscopia Electrónica de Varrimento e Microanálise EDSDe forma a complementar o trabalho experimental até então realizado, foram observadas as duas fases dos resíduos de tijolo moído utilizadas na composição das argamassas descritas (os resíduos usados com granulometria mais fina -com dimensões inferiores a 0,075 mm-, com intenção de desempenharem a função de pozolana, e os resíduos em grão, para actuarem como agregado). As amostras não foram preparadas com qualquer tipo de tratamento de revestimento ou físico-químico.

As amostras submetidas a observação em Microscópio Electrónico de Varrimento foram ainda analisadas relativamente à sua constituição química, recorrendo a microanálise com sonda EDS, que consiste na identificação dos elementos químicos presentes numa amostra sobre a qual se faz incidir um feixe de electrões.

Esta análise foi efectuada nas instalações da Paralab, no Porto, e foi utilizado o equipamento de SEM “CamScan Apollo 300”. Assim, foi possível quantificar, para as amostras estudadas, de pó e grão de tijolo, os elementos químicos presentes nas mesmas, em percentagem de massa.

A análise quantitativa permite, não só identificar os elementos presentes na amostra, mas também identificar os elementos que constituem as fases. Por outro lado, permite ainda estabelecer a distribuição espacial de um ou mais elementos, numa dada região da amostra.

3.1.1 Amostra de pó de resíduo de tijolo

Foi analisada uma porção de amostra do pó de tijolo utilizado para a preparação das argamassas, tendo sido determinadas as proporções de cada elemento químico presente na amostra, em percentagem de massa. Foram analisados oito pontos distintos da amostra, assinalados na Figura 2. Os resultados apresentados são os valores médios dos pontos analisados.

Os valores médios da percentagem de massa de cada elemento químico, para a amostra de resíduo de tijolo, são apresentados na Tabela 3.. O espectro final da amostra é apresentado na Figura 3.

Tabela 3 – Proporção de elementos químicos na amostra de pó de tijolo

Elemento	C	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Fe	Total
% Massa	50,0	33,4	0,3	0,3	3,6	8,9	0,2	1,0	0,3	0,2	1,7	100,0

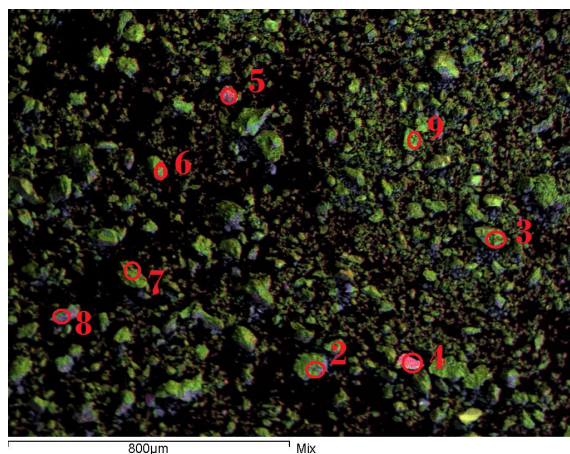


Figura 2 – Pontos da amostra de pó de tijolo analisados.

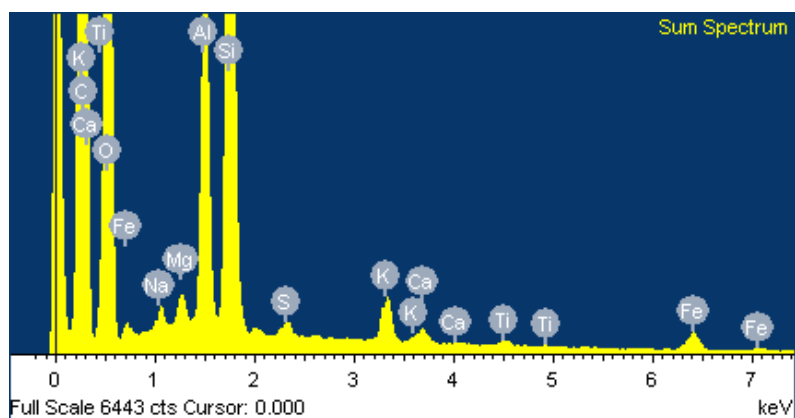


Figura 3 – Espectro final obtido para a amostra de pó de tijolo.

Da observação do gráfico de proporção entre elementos é possível verificar que, na amostra, para além da presença de Carbono e Oxigénio, em quantidades significativas e destacadas dos elementos residuais, existem Silício, Alumínio e Ferro. A presença de Oxigénio em grande quantidade pode decorrer de contaminação da amostra, mesmo quando sujeita a vácuo. O Carbono poderá ser consequência de reacções desenvolvidas durante o processo de análise, devidas à ausência de revestimento da amostra.

3.1.2 Amostra de agregado de resíduo de tijolo

Foi analisada uma porção de amostra de granulado de tijolo utilizado para a preparação das misturas, tendo sido determinadas as proporções de cada elemento químico presente na amostra, em percentagem de massa, nas mesmas condições da análise efectuada para o pó de resíduo de tijolo. Apesar do material de base ser o mesmo que o analisado anteriormente, a fracção fina é obtida pelo material que foi moído com mais facilidade,

enquanto a fracção grossa é constituída pelo material que, na mesma moagem, apresentou mais dificuldade em ser reduzido. Pretende-se verificar se há qualquer tipo de diferença mineralógica entre as fracções.

Foram analisados seis pontos, que são indicados na Figura 4. Nesta mesma Figura, pode observar-se uma boa rugosidade superficial do grão, que pode indiciar uma boa aderência entre as partículas de ligante ou pozolana e este tipo de agregado.

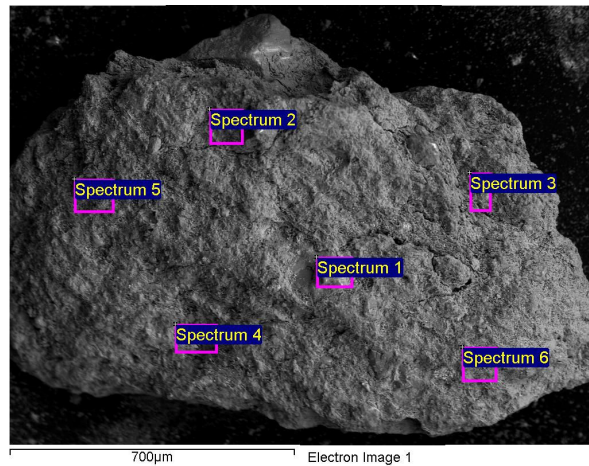


Figura 4 – Pontos analisados da amostra de granulado de tijolo.

Os valores médios da percentagem de massa de cada elemento químico, para a amostra de granulado de tijolo, são apresentados na Tabela 4. O espectro final da amostra é apresentado na Figura 5.

Tabela 4 – Proporção de elementos químicos na amostra de granulado de tijolo

Elemento	C	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Fe	Total
% Massa	24,4	41,0	0,3	0,5	5,4	23,0	0,4	1,6	2,6	0,6	3,0	100,0

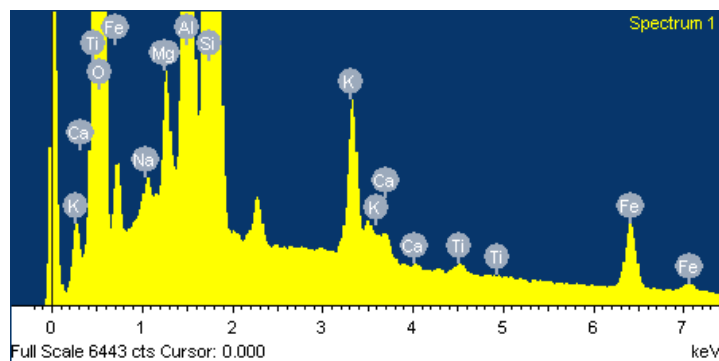


Figura 5 – Espectro final obtido para a amostra de granulado de tijolo.

Da observação do gráfico de proporção entre elementos é possível verificar que, na amostra, para além da presença de Carbono e Oxigénio (em que a quantidade de Carbono é significativamente inferior à anterior), existem Silício, Alumínio e Ferro. Neste caso, a quantidade de Silício é consideravelmente superior à da amostra de pó, ocorrência para a qual não se encontrou qualquer justificação. Tal como no caso anterior, a presença de Oxigénio em grande quantidade pode decorrer de contaminação da amostra e os valores elevados de Carbono, mais uma vez, podem ser justificados pelo método de análise que foi efectuado sem revestimento da amostra e que pode ter levado à combustão de algumas zonas da amostra.

Nas duas análises apresentadas, a presença de Silício e Alumínio destaca-se das restantes. Apesar de se tratar do mesmo material, mas com diferentes granulometrias, pode concluir-se que estamos perante um material rico em sílica. Nos casos das argamassas em que este material foi utilizado com o intuito de reagir como pozolana, poderá ser um forte indicador de que, realmente, o material é pozolanicamente activo. No entanto, este factor não é conclusivo só por si porque não foi possível detectar se esta sílica está presente no estado cristalino ou amorfo. Apenas através da comparação das características das argamassas, só de cal e de cal com resíduos, foi possível assumir a existência de alguma actividade pozolânica nas argamassas, com diferentes proporções e tipos de resíduo de cerâmica.

4. CONCLUSÕES

Foi possível verificar, ao longo do tempo, que o uso de resíduos de tijolo como constituinte de argamassas de cal aérea tem viabilidade e apresenta vantagens a vários níveis. Verificou-se que, em proporções adequadas de cal, pó e/ou grãos de tijolo e areia, as argamassas com resíduos de cerâmica de barro vermelho do tipo dos analisados podem registar um bom desempenho como argamassas de substituição para rebocos.

Da análise de EDS dos elementos químicos presentes, pode concluir-se que existe uma porção considerável de Silício e Alumínio, o que pode indicar a forte presença de Sílica e Alumina nas amostras. Este factor pode levar a crer que o material tem características pozolânicas, quando aplicado em granulometria muito fina. As quantidades de Carbono e Oxigénio podem ser afectadas pelo método de análise, ou seja, na ausência de revestimento da amostra, pode ter ocorrido combustão nalgumas zonas da mesma, dando origem a um elevado teor de Carbono, e não sendo submetida a um pré-tratamento adequado, a amostra pode surgir com um elevado teor de Oxigénio.

Deve, no entanto, referir-se que a pozolanicidade é essencialmente condicionada pelo estado dos constituintes do material. No estado cristalino, os minerais constituintes dos resíduos de tijolo serão pouco ou nada reactivos em termos pozolânicos, mesmo contendo Sílica e Alumina. Sendo este factor limitado, sobretudo, pela temperatura de cozedura dos tijolos, apesar de existir a informação de que os tijolos foram cozidos a cerca de 800 °C (dentro dos limites considerados ideais), é necessário aferir o estado real dos minerais, para melhor compreensão da pozolanicidade do material, sua caracterização e optimização.

Com base na variabilidade que pode existir ao nível dos subprodutos cerâmicos utilizados, pretendem-se recolher amostras de resíduos diferentes fábricas e proceder à sua

caracterização, de forma a estabelecer quais as condicionantes (em termos de ciclo de vida dos produtos) que conduzem à obtenção de resíduos viáveis para este tipo de aplicação.

Relativamente à análise de argamassas, considera-se, obviamente, que a análise realizada não é suficiente. Está em curso nova etapa experimental em que, para além da optimização dos resíduos cerâmicos utilizados, se vão avaliar parâmetros complementares de caracterização de argamassas, realizadas com outros tipos de cais e condições de preparação e cura.

É importante ter em conta, no entanto, que as características das argamassas dependem também do tipo de suporte no qual vão ser aplicadas, das condições ambientais e de aplicação, questões que também terão de ser tidas em consideração.

Referências Bibliográficas

- [1] Binici, H. *Effect of crushed ceramic and basaltic pumice as fine aggregates on concrete mortars properties*, Construction and Building Materials 21 (2007), pág. 1191–1197, Elsevier Ltd., 2006.
- [2] Faria Rodrigues, M. P. *Argamassas de revestimento para alvenarias antigas – contribuição para o estudo da influência dos ligantes*. Tese de Doutoramento, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2004.
- [3] Rato, V. *Influência da microestrutura morfológica no comportamento de argamassas*. Tese de Doutoramento, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2006.
- [4] Matias, G. *A influência de resíduos de tijolo no comportamento de argamassas de cal*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, 2008.
- [5] IPQ. *Ensaios das propriedades geométricas dos agregados. Parte 1: Análise Granulométrica – Método de Peneiração - NP EN 933-1*. Instituto Português da Qualidade, Lisboa, 2000.
- [6] CEN, *Hygrothermal performance of building materials and products – Determination of water vapour transmission properties - EN ISO 12572*, European Committee for Standardization, Brussels, 2001.
- [7] CEN, *Methods of test for mortar for masonry – Part 19: Determination of water vapour permeability of hardened rendering and plastering mortars - EN 1015-19*, European Committee for Standardization, Brussels, 2002.
- [8] CEN, *Methods of test for mortar for masonry – Part 18: Determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened mortar - EN 1015-18*, European Committee for Standardization, Brussels, 2002.
- [9] Montoya, P, Meseguer, A., Cabre F. *Hormigón armado – Tomo I*. 8ª Edition, Gustavo Gili, Barcelona, 1976.

[10] CEN, *Methods of test for mortar for masonry – Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar - EN 1015-11*, European Committee for Standardization, Brussels, 1999.

[11] Veiga, M. R. *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, 2003.