

Determinação da Composição de Argamassas Antigas

Patrícia Adriano¹, António Santos Silva¹, Rosário Veiga², António Candeias³, José Mirão⁴

¹Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Materiais, Av. Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal (padriano@lneec.pt, ssilva@lneec.pt)

²Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Edifícios, Av. Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal (rveiga@lneec.pt)

³Universidade de Évora, Departamento de Química e Centro de Química de Évora, R. Romão Ramalho 59, 7000-671 Évora, Portugal (candeias@uevora.pt)

⁴Universidade de Évora, Departamento de Geociências e Centro de Geofísica de Évora, R. Romão Ramalho 59, 7000-671 Évora, Portugal (jmirao@uevora.pt)

Resumo: Neste artigo apresentam-se os resultados da determinação da composição de argamassas provenientes de três períodos históricos, nomeadamente do Período Romano (Torre do Rio em Mértola), Período Árabe (Igreja Matriz de Mértola) e da Idade Média (Igreja de Santa Maria de Évora).

A metodologia de caracterização empregue faz uso de diversas técnicas de caracterização físico-química, nomeadamente difracção de raios X (DRX), análise termogravimétrica (ATG/DTA), microscopia óptica (MO), microscopia electrónica de varrimento acoplada a espectroscopia de raios X por dispersão de energias (MEV-EDS) e análise química (AQ).

A aplicação da metodologia proposta permitiu determinar a composição simplificada das diversas argamassas, tendo-se constatado que nas várias argamassas foram utilizados agregados locais e ligantes de natureza aérea.

Palavras-chave: Composição, Argamassas antigas, Metodologia de caracterização, Agregados.

1. INTRODUÇÃO

O estudo da composição de argamassas antigas, que implica usualmente a utilização de técnicas de caracterização química, mineralógica e microestrutural, desempenha um papel fundamental para a preservação do património cultural, permitindo obter um conhecimento bastante profundo sobre os seus constituintes e revelando detalhes importantes sobre as técnicas de construção, eventuais reparações e o estado de conservação e desempenho das mesmas [1-3].

Neste contexto e englobado num projecto financiado pela FCT (Projecto CATHEDRAL – Caracterização e Conservação de Argamassas Tradicionais e Históricas de Edifícios Religiosos do Alentejo), em que participam o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), a Universidade de Évora e o Instituto Português do Património Arquitectónico (antigo IPPAR) e a Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL) analisaram-se argamassas provenientes de três monumentos do Alentejo e pertencentes a períodos históricos diferentes: a Torre do Rio do Período Romano e a Igreja Matriz do Período Árabe e Baixa Idade Média, ambos da Vila de Mértola (Figura 1), e a Sé Catedral de Évora do Séc. XIII-XVII.

Mértola é uma vila histórica debruçada sobre as margens xistosas do rio Guadiana, uma fronteira natural entre o sul de Portugal e Espanha. O legado imenso de diferentes períodos, incluindo Romanos, Árabes e Cristãos fazem desta vila portuguesa única em termos de património cultural e tem sido alvo de intensas pesquisas arqueológicas. Neste artigo, iremos reportar o estudo de argamassas de dois monumentos, nomeadamente a Torre do Rio e a Igreja Matriz.



Figura 1 – a) Vista geral da Torre do Rio; b) Vista aérea da Igreja Matriz de Mértola.

A Torre do Rio (figura 1a) é o que resta de um porto fortificado romano que data presumivelmente do século V-VI. Esta estrutura sólida de grandes dimensões tem um comprimento de 45 m e é composta por seis arcos e seis torres, as quais se encontravam ligadas às muralhas de defesa da vila. Foi utilizada durante o Período Romano para proteger a aquisição da água indispensável para o consumo da população; para fiscalizar e impedir, quando fosse preciso, a passagem de barcos a montante do rio; para vigiar e repelir qualquer invasão tentada pelo rio ou pela margem oposta; para o embarque, desembarque e despacho dos géneros do comércio em trânsito fluvial; para auxiliar a saída de forças militares [4].

A Igreja Matriz de Mértola (Figura 1b) é um reaproveitamento cristão da antiga mesquita muçulmana entre os séculos XII-XIII. Foi com os cavaleiros da Ordem de Santiago, em 1238, depois de sagrado para o uso do ritual cristão, que este monumento recebeu a sua primeira intervenção, que lhe alterou a sua primitiva configuração de mesquita árabe.

Hoje, a Igreja Matriz de Mértola apresenta uma temática mudéjar do século XVI. Mas, apesar disso, torna-se possível, a partir de certos elementos arquitectónicos e decorativos, reconstituir o templo mourisco.

A Mértola muçulmana está, assim, representada pelo edifício da antiga mesquita, que seria reconvertido ao culto cristão ainda na Idade Média.

A Igreja de Santa Maria de Évora (figura 2a), vulgarmente conhecida como Sé de Évora, é um dos monumentos mais emblemáticos da cidade de Évora classificada Património Mundial pela UNESCO [5].

Do conjunto arquitectónico denominado como “Sé de Évora” fazem parte a igreja propriamente dita e o claustro que a ladeia. Na figura 2b pode observar-se a vista de sul do conjunto do monumento, com a identificação de alguns locais mais importantes referidos no texto: a “torre-zimbório”, as duas torres sobre a fachada principal – “torre dos azulejos” e “torre lanterna ou do relógio”, a rosácea do braço sul do transepto ou, ainda, a parte mais recente da velha construção, construída em materiais distintos – a “capela-mor”.

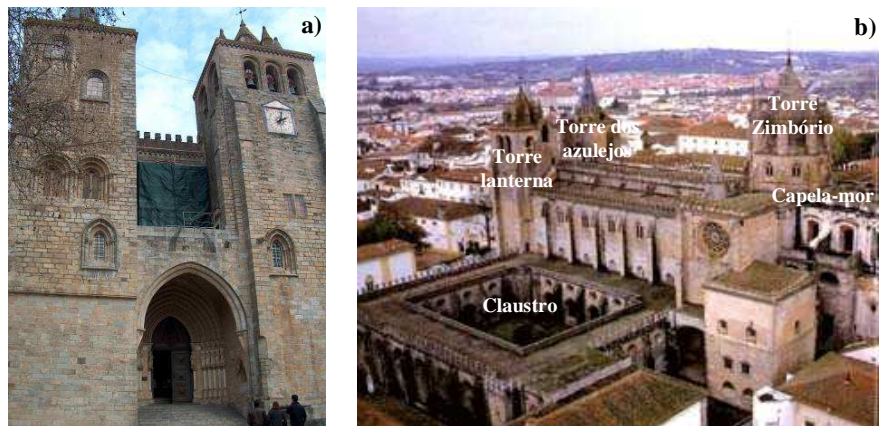


Figura 2 – a) Fachada principal da Sé Catedral de Évora; b) Vista geral do conjunto monumental da Sé Catedral de Évora – Igreja e claustro.

2. METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM

Foram estudadas duas argamassas da Torre do Rio, uma retirada do interior da coluna 1, a mais próxima do rio, que foi designada de MT1, e a outra retirada do interior da coluna 3 que foi designada por MT2 [6].

Da Igreja Matriz de Mértola foram estudadas duas argamassas, a argamassa com a designação MT3, que foi retirada do exterior da Igreja Matriz e que se verificou apresentar 3 camadas, e a argamassa designada de MT4 retirada da base do Mihrab.

Da Sé Catedral de Évora foram estudadas 7 amostras cuja referência e localização se encontram na tabela 1 [7].

Tabela 1 - Registo do local de extracção das amostras da Igreja de Santa Maria de Évora.

Argamassa	Designação	Localização
1	SEV1	Exterior da Sé – friso do pátio inferior de acesso ao zimbório
2	SEV2	Nave lateral Norte (Pilar 2)
3	SEV3	Nave lateral Sul (Pilar 25)
4	SEV4	Interior do arco da janela da Torre Lanterna
5	SEV6	Interior da parede da Torre Zimbório
6	SEV7	Interior da parede da Torre Zimbório
7	SEV8	Coro Alto – parede por detrás do cadeiral junto ao vitral da fachada principal – Plataforma sobre a Entrada Principal

3. METODOLOGIA DE CARACTERIZAÇÃO

A metodologia utilizada neste trabalho para a caracterização de argamassas antigas recorreu a um conjunto diversificado de técnicas físico-químicas de caracterização de materiais, nomeadamente difracção de raios X (DRX), análise termogravimétrica (ATG),

microscopia óptica (MO), microscopia electrónica de varrimento acoplada a espectroscopia de raios X por dispersão de energias (MEV-EDS) e análise química clássica, espectrofotometria de absorção atómica (EAA), potenciometria e gravimetria, as quais se complementam, permitindo a obtenção de uma grande fiabilidade na análise final, procurando-se maximizar os objectivos da caracterização pretendidos e ao mesmo tempo minimizar as limitações inerentes a cada uma das técnicas [1]. As amostras foram preparadas segundo uma metodologia já descrita noutros estudos [6, 7].

As análises por DRX foram efectuadas num difractómetro PHILIPS X'PERT, utilizando a radiação $K\alpha$ do cobalto produzida por uma ampola de raios X, com as seguintes condições de ensaio: varrimento entre 3 e 74° 2θ ; velocidade de varrimento de $0,05^\circ$ $2\theta/s$; tensão e corrente de filamento, respectivamente, de 35 kV e 45 mA.

Os termogramas foram traçados utilizando um sistema de análise térmica SETARAM TGA92 sob atmosfera inerte (árgon - $3 \text{ dm}^3/h$), com uma velocidade de aquecimento uniforme de 10°C , desde a temperatura ambiente até 1000°C .

As observações ao microscópio electrónico de varrimento foram efectuadas no microscópio electrónico de varrimento JEOL JSM-6400, sendo a análise elementar efectuada num sistema de microanálise de raios X por dispersão de energia OXFORD Instruments com um detector de raios X Si (Li).

As observações de lâminas delgadas e secções polidas, que foram impregnadas previamente sob vácuo com uma resina epoxídica, foram realizadas num microscópio petrográfico NIKON e as imagens gravadas em formato digital.

Para a análise química, foram desagregadas cuidadosamente pequenas fracções de argamassa e todo o tipo de impurezas e grãos de calcário foram separados. As amostras foram posteriormente digeridas com ácido clorídrico diluído (1:3) a quente para separar os agregados siliciosos da pasta de cal. A partir da fracção solúvel foram determinados os teores em cálcio, magnésio, alumínio, ferro e sódio (expressos nos respectivos óxidos) por espectroscopia de absorção atómica, os teores em ião cloreto foram determinados por potenciometria e os teores em ião sulfato por gravimetria. O resíduo insolúvel foi pesado e passado por um conjunto de peneiros com a finalidade de determinar a distribuição do tamanho das partículas da fracção dos agregados, isto é, a areia siliciosa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Difracção de raios X (DRX)

Os resultados de DRX das amostras da Torre do Rio indicam que estas possuem composição mineralógica muito semelhante sendo consistentes com argamassas de cal aérea do tipo calcítica e ricas em agregado do tipo silicioso.

As três camadas da amostra MT3 (Igreja Matriz de Mértola) indicam composições mineralógicas semelhantes e são também características de argamassas de cal aérea calcítica com agregados essencialmente do tipo silicioso. A amostra MT4 é constituída essencialmente por gesso e por uma pequena quantidade de agregados do tipo silicioso e calcite. A presença de uma pequena quantidade de calcite pode ser devida à adição de cal à argamassa [6].

Da análise dos resultados obtidos concluiu-se que as argamassas da Sé de Évora são constituídas essencialmente por carbonatos (calcite, aragonite, dolomite, hidromagnesite, magnesite) e agregados do tipo silicioso. A presença de sais solúveis, gesso, é indicadora da ocorrência de fenómenos de degradação química das argamassas. A natureza do ligante é a principal característica que diferencia as várias amostras de argamassa. As amostras

SEV6 e SEV7 são de cal calcítica, enquanto que as restantes são de natureza dolomítica [7].

4.2. Análise termogravimétrica e térmica diferencial (ATG)

Os termogramas obtidos para as amostras da Torre do Rio e MT3 da Igreja Matriz de Mértola são típicos de argamassas de cal aérea calcíticas com acentuadas perdas de massa entre 500 e 900 °C, atribuídas à descarbonatação do carbonato de cálcio (figura 3).

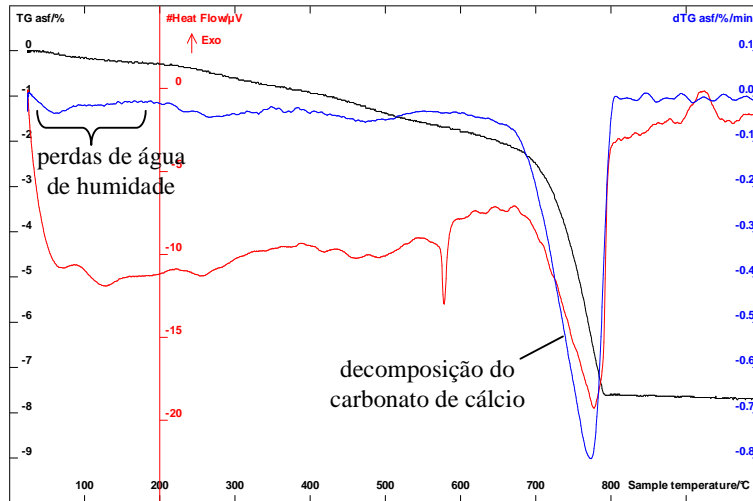


Figura 3 – Termograma característico de uma argamassa de cal aérea calcítica (MT1).

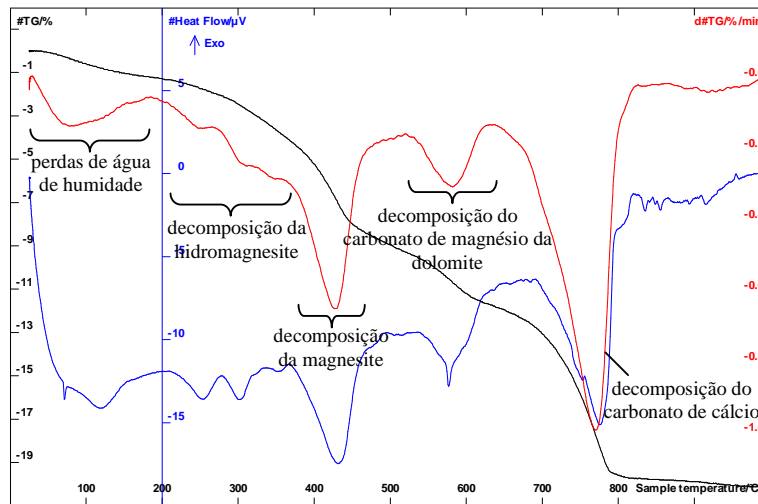


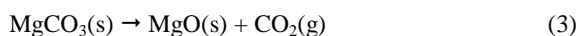
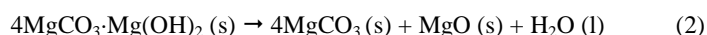
Figura 4 – Termograma característico de uma argamassa de cal aérea dolomítica (SEV4).

Entre 20 e 240°C verifica-se a desadsorção de vapor de água, essencialmente de metalossilicatos, enquanto que entre 240 e 500 °C ocorre essencialmente desidroxilação de diferentes tipos de minerais em particular aluminossilicatos [8, 9].

A curva termogravimétrica da amostra MT4 é, tal como indicou a DRX, bastante diferente das observadas anteriormente apresentando uma perda de massa acentuada entre 100 e 250 °C, característica da desidratação do gesso.

Todas as amostras da Sé de Évora apresentam termogramas típicos de argamassas aéreas do tipo dolomíticas (figura 4), com excepção das amostras SEV6 e SEV7 que apresentam curvas termogravimétricas típicas de argamassas aéreas do tipo calcítica com perdas acentuadas entre 500 e 900 °C, atribuídas à descarbonatação do carbonato de cálcio.

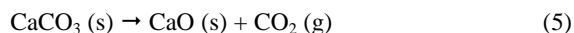
Em algumas amostras (SEV1, SEV2, SEV4 e SEV8) foi identificada a presença de hidromagnesite. A decomposição da hidromagnesite inclui a perda de moléculas de água e pode ser traduzida pelas seguintes equações [10].



As perdas de massa correspondentes às moléculas de água de hidratação, traduzidas pelas equações 1 e 2 ocorrem, respectivamente, às temperaturas aproximadas de 230 e 380 °C.

A reacção traduzida pela equação 3 corresponde à decomposição térmica da magnesite formada no processo e que ocorre no intervalo de temperaturas entre 340 e 550 °C.

As amostras SEV2 e SEV4 apresentavam, para além dos compostos já mencionados, a dolomite na sua composição. A dolomite decompõe-se de acordo com as equações 4 e 5.



4.3. Microscopia óptica

A observação de lâminas delgadas ao microscópio petrográfico permitiu fornecer informações adicionais sobre a composição das argamassas.

A presença de anfíbolos nos agregados foi o aspecto que mais ressaltou da análise petrográfica das amostras MT1 a MT4. De acordo com a carta geológica de Mértola e a geologia do Sul de Portugal é pouco provável que a origem destes agregados seja dos arredores de Mértola. Tendo em consideração que a origem mais provável se localiza a 40 km a Norte de Mértola, a explicação mais plausível é que o transporte deste material tenha sido feito através da mais importante linha de água, o Rio Guadiana [6].

Da Sé de Évora foram observadas lâminas delgadas das amostras SEV1, SEV2 e SEV4. Os aspectos mais interessantes da amostra SEV1 são a abundância de calcossilicatos que se dispõem na matriz, nas interfaces agregado-ligante e nas fracturas dos primeiros e a presença de quantidades apreciáveis de olivina. Considerando que a olivina é um mineral muito alterável, não suportando transporte, é possível relacionar os agregados com a sua única fonte local – os granodioritos da pedreira do Alto de S. Bento, nas vizinhanças de Évora, a qual é composta por rochas granodioríticas com inclusões de gabros. Detectou-se ainda a formação de calcossilicatos no ligante, consequência das reacções pozolánicas

entre este e os materiais cerâmicos. Estes minerais podem explicar, em parte, as boas propriedades mecânicas destas argamassas [7].

4.4. Microscopia electrónica de varrimento (MEV-EDS)

A microscopia electrónica de varrimento pode fornecer informações importantes sobre os constituintes das argamassas, nomeadamente sobre o ligante, agregados e compostos formados e permite observar as suas formas, tamanhos, texturas e distribuição nas argamassas.

As amostras MT1 e MT2 da Torre do Rio apresentavam um aspecto grosseiro devido à grande dimensão dos agregados. O ligante observado era bastante rico em carbonato de cálcio (calcite – figura 5a). Observaram-se superfícies e “poros” cobertos de cristais de calcite formados por dissolução e recristalização intraporos, sugerindo a existência de fenómenos de permeação e difusão de água na matriz da argamassa (figura 7). Observou-se ainda a presença de aglomerados de cristais de aluminossilicatos de cálcio (figura 6) provenientes possivelmente da reacção entre o ligante e os minerais dos agregados, em particular os provenientes das partículas cerâmicas e dos filossilicatos.

A observação da amostra MT4 do Mihrab confirmou que se trata de uma amostra essencialmente constituída por gesso, tendo-se observado também pequenos fragmentos cerâmicos.

As análises de MEV-EDS mostraram que as amostras da Sé de Évora apresentam uma microestrutura gelificada compacta, típica de argamassas de cal antigas, com agregados bem embebidos nas matrizes. Foi possível identificar a natureza dos agregados, principalmente litoclastos de quartzo, feldspatos e mica. Na amostra SEV1 foram observadas inúmeras colonizações biológicas (figura 8) nos poros e também no ligante. Nesta amostra, tal como nas amostras SEV2, SEV3, SEV7, SEV8-INT, foram observadas zonas (poros e superfícies) cobertas de cristais de hidromagnesite (figura 9). Para além dos aspectos mencionados anteriormente, na amostra SEV2 foi possível observar a presença de cristais de halite (figura 10) e aragonite. A presença de halite, anteriormente detectada por DRX e indirectamente por análise química (teor em iões cloreto), foi também observada noutras amostras, SEV3-INT, SEV4, SEV8-INT e SEV8-EXT.

A análise por MEV-EDS confirmou que as amostras da Torre do Zimbório, SEV6 e SEV7, apresentam uma composição mais simplificada que as restantes, sendo constituídas essencialmente por carbonato de cálcio com agregados constituídos por clastos de granodioritos. Na amostra SEV7 foi possível observar cristais de CaCO_3 sob duas formas diferentes, calcite e aragonite e colonizações biológicas no ligante.

A observação mais admirável foi a presença de partículas escuras de carbono (figura 8a), com um ligante magnésiano que pode ser atribuído à combustão de materiais orgânicos. A presença concomitante de quantidades anormais de ião cloreto e a presença de partículas escuras de carbono (nas argamassas do interior da igreja) pode ser indicativa de que tenham sido ateadas fogueiras dentro da igreja para acelerar a carbonatação e adicionado cloreto de sódio durante a preparação das argamassas para acelerar o seu processo de endurecimento.

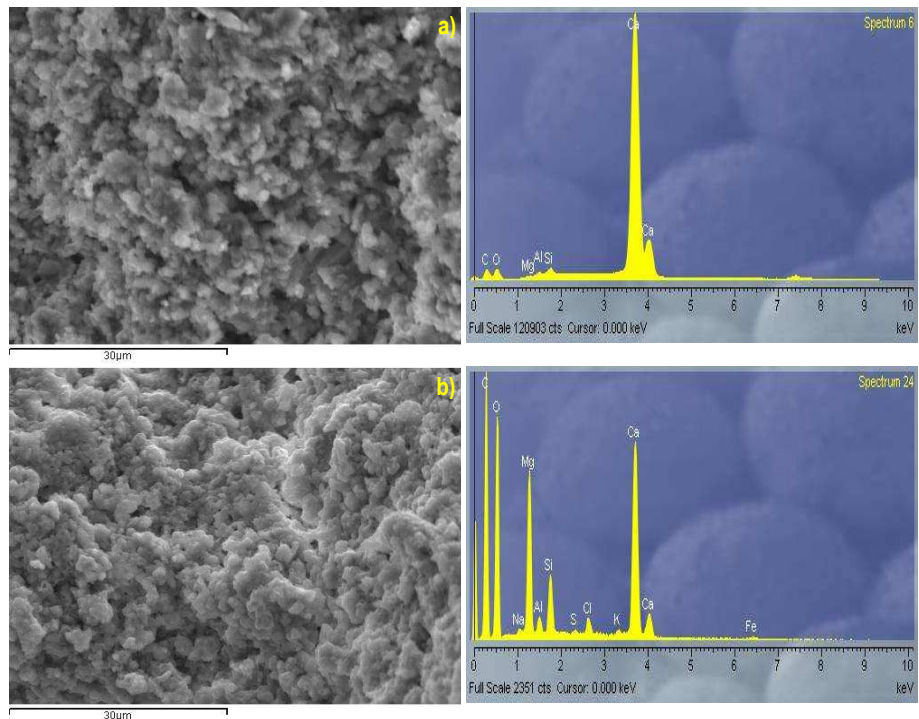


Figura 5 - Aspectos microestruturais da pasta de cal carbonatada e respectivos espectros EDS: a) MT2; b) SEV8-INT.

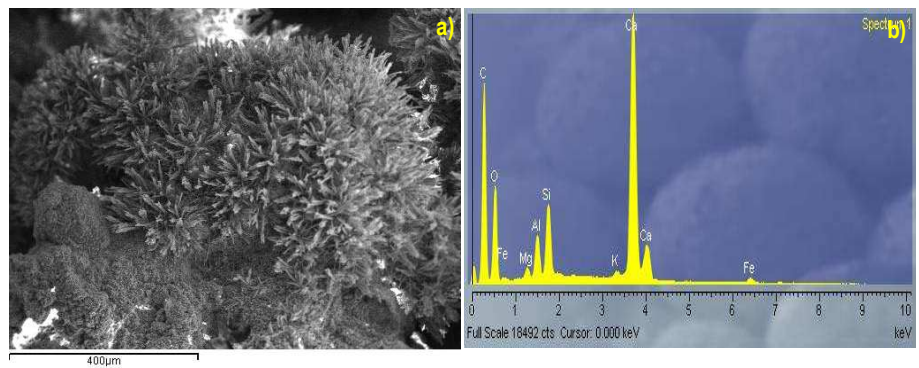


Figura 6 – Microestrutura de um local onde se observaram cristais de aluminosilicatos de cálcio hidratados na amostra MT1 e respectivo espectro EDS.

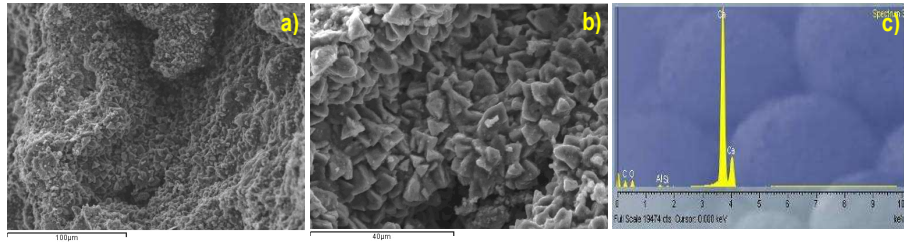


Figura 7 – a) Microestrutura de uma zona onde se observaram cristais de calcite (MT1); b) Pormenor dos cristais de calcite da imagem (a) e respectivo espectro EDS.

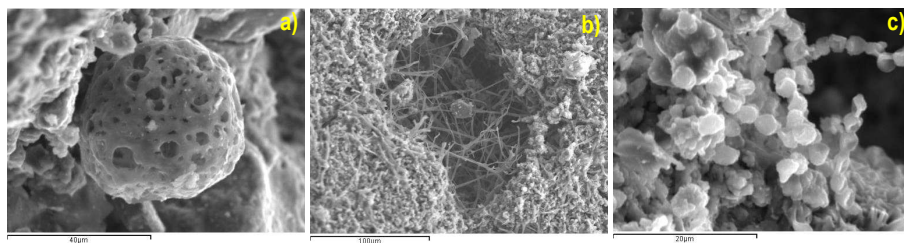


Figura 8 – Aspectos microestruturais de a) partícula típica de emissões de combustão de óleo (amostra SEV4); b e c) colonizações biológicas no interior de poros.

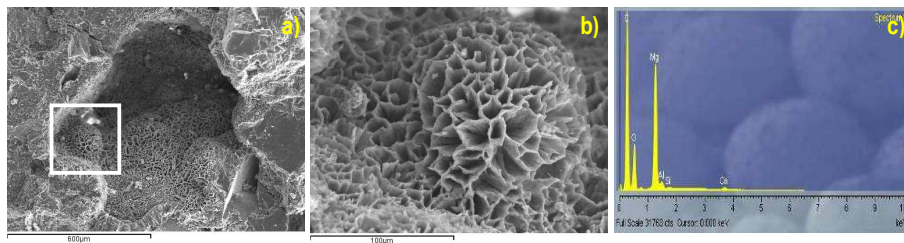


Figura 9 – Aspectos microestruturais de cristais de hidromagnesite observados na amostra SEV7; b) Pormenor em maior ampliação da imagem (a) e respectivo espectro EDS.

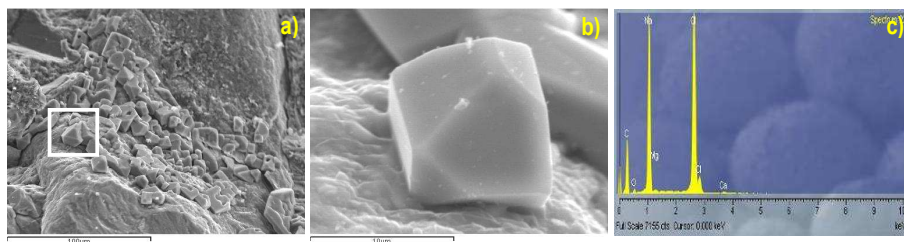


Figura 10 – Aspectos microestruturais de cristais de halite observados na amostra SEV8-INT; b) Pormenor em maior ampliação da imagem (a) e respectivo espectro EDS.

5. COMPOSIÇÃO SIMPLIFICADA DAS ARGAMASSAS

A composição simplificada das argamassas é um parâmetro fundamental para a preparação de argamassas compatíveis e pode ser usada em conjunto com os resultados obtidos a partir de outras técnicas, para avaliar o comportamento da argamassa e correlacioná-la com as propriedades químicas, mineralógicas e mecânicas. A composição simplificada de cada argamassa foi estimada com base no método de “Jedrzejewska” [11] indicado para argamassas de cal antigas combinando a % de carbonato de cálcio determinada por ATG/DTA com as análises de resíduo insolúvel.

Tabela 2 – Composição simplificada das argamassas da Torre do Rio e da Igreja Matriz de Mértola.

Amostras	Agregado ⁽¹⁾	Calcite ⁽²⁾	Fracção solúvel ⁽⁶⁾
MT1	61	35	4
MT2	75	20	5
	INT	85	15 ⁽⁷⁾
MT3	IM	74	23
	EXT	71	27
MT4	13	13	84

Como mencionado anteriormente, todas as amostras da Sé de Évora, com exceção das amostras SEV6 e SEV7, apresentam compostos de magnésio, indicativo do uso de cal dolomítica e por conseguinte a composição de cada fase foi determinada a partir das perdas de massa correspondentes.

Tabela 3 – Composição simplificada das argamassas da Sé Catedral de Évora.

Amostras	Agregado ⁽¹⁾	Calcite ⁽²⁾	Magnesite ⁽³⁾	Dolomite ⁽⁴⁾	Hidromagnesite ⁽⁵⁾	Fracção solúvel ⁽⁶⁾
SEV1	52	28	6	-	13	1
SEV2	60	26	11	-	-	3
	INT	63	18	14	-	5
SEV3	IM	59	23	15	-	3
	EXT	66	17	11	-	6
SEV4	63	13	10	7	2	5
SEV6	78	19	-	-	-	3
SEV7	78	17	-	-	-	5
SEV8	INT	66	12	8	7	1
	EXT	59	13	7	5	12

(1) Agregado = teor de resíduo insolúvel (2) Calcite = teor de CaCO_3 determinado por ATG (3) Magnesite = teor de MgCO_3 determinado por ATG (4) Dolomite = teor de $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ determinado por ATG (5) Hidromagnesite = teor de hidromagnesite determinado por ATG e análise química (6) Fracção insolúvel = $100 - \Sigma$ (Agregado + Calcite + Magnesite + Dolomite + Hidromagnesite) (7) 10% de CaCO_3 + 5% $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

6. Conclusões

O estudo das argamassas da Torre do Rio permitiu concluir que no declínio do Período Romano existia um conhecimento bastante aprofundado sobre as propriedades dos materiais de construção bem como uma criteriosa selecção dos materiais para os objectivos pretendidos. As amostras apresentavam fragmentos cerâmicos (cocciopesto) e nódulos de cal de forma arredondada que podem ter resultado de uma extinção incompleta da cal ou de uma adição propositada. Um aspecto particular nestas amostras foi a presença nos agregados de anfíbolos, facto muito importante devido à sua inexistência nas rochas da região de Mértola. Pensa-se que o transporte destes minerais, existentes a 40 km a Norte de Mértola, tenha sido efectuado através do Rio Guadiana, corroborando outras observações relativas à forma dos agregados que indicavam os sedimentos de rio como a fonte mais provável dos agregados siliciosos.

A caracterização das argamassas do Período Árabe, argamassas MT3 e MT4, mostrou uma certa diferenciação relativamente às argamassas do Período Romano. A principal conclusão é a quase inexistência de materiais cerâmicos. Os resultados da caracterização da argamassa MT3, da Igreja Matriz, mostraram que se trata de uma argamassa de cal calcítica com agregados de natureza aluvionar. A argamassa MT4 extraída da camada de acabamento do revestimento do Mihrab da Igreja Matriz revelou tratar-se de uma argamassa de gesso (estruque de gesso), com incorporação de pequenas quantidades de cal calcítica, pó de tijolo e fragmentos de xisto (rocha característica da região de Mértola).

Relativamente à caracterização das argamassas da Sé Catedral de Évora verificou-se que foram utilizados dois tipos de argamassas, de natureza calcítica (amostras SEV6 e SEV7, provavelmente mais antigas que as outras argamassas estudadas) e de natureza calco-magnésiana (provavelmente de origem dolomítica). Os agregados empregues em todas as argamassas são do mesmo tipo e apresentam uma composição mineralógica uniforme e correlacionável com a geologia local, designadamente com as rochas granitóides do maciço cristalino de Évora.

Este trabalho demonstra a necessidade da utilização completa e sistemática de uma metodologia de caracterização físico-química, para o estudo de argamassas antigas, pois obtêm-se dados que permitem determinar com um grau de rigor adequado o traço, os tipos de constituintes e o estado de conservação da argamassa.

A microscopia óptica e electrónica de varrimento acoplada a espectroscopia de raios X por dispersão de energias (MEV-EDS) provaram ser técnicas indispensáveis na caracterização destes materiais. Sem estas técnicas não poderiam ter sido detectados compostos resultantes de alteração química e biológica que na maioria dos casos só se encontram presentes em quantidades muito diminutas e, por conseguinte, muito difíceis de detectar com as outras técnicas.

Como também se evidenciou, o estudo de argamassas de diferentes épocas e períodos permite obter informação sobre a história dos monumentos e dos materiais utilizados na sua construção, a qual é de extrema importância para a salvaguarda do Património Histórico e Cultural.

7. Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e Tecnologia e FEDER o suporte financeiro relativo ao Projecto CATHEDRAL (POCI/HEC/57915/2004).

8. Referências

- [1] Veiga, M.R., Aguiar, J., Santos Silva, A., Carvalho, F. *Methodologies for characterisation and repair of mortars of ancient buildings*. Proceedings of the 3rd International Seminar on Historical Constructions, Guimarães, 2001, 353-362.
- [2] Santos Silva, A., Ricardo, J.M., Salta, M., Adriano, P., Mirão, J., Candeias, A.E., Macias, S. *Characterization of Roman mortars from the historical town of Mértola*. Heritage, Weathering and Conservation, Fort, Alvarez de Buergo, Gomes-Heras, Vasquez-Calvo Eds, Taylor & Francis, Madrid, 2006, 85-90.
- [3] Candeias, A.E., Nogueira, P., Mirão, J., Santos Silva, A., Veiga, R., Gil Casal, M., Ribeiro, I., Seruya, A.I. *Characterization of ancient mortars: present methodology and future perspectives*. Ext. Abs. of CERC3 Workshop on Chemistry in the Conservation of Cultural Heritage, EU-ARTECH, 2006
(disponível em http://www.eu-artech.org/files/Ext_ab/candeias.pdf).
- [4] Veiga, S.E. *Memórias das antiguidades de Mértola*, Imprensa Nacional, 1880.
- [5] Adriano, P., Santos Silva, A., Veiga, R., Mirão, J., Candeias, A.E. *Microscopic characterisation of old mortars from the Santa Maria Church in Evora*. 11th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto, Junho, 2007, 14pp.
- [6] Adriano, P., Santos Silva, A. *Caracterização de argamassas do período Romano e Árabe da Vila de Mértola*. Relatório LNEC 200/06-NMM, Julho 2006, 59 pp.
- [7] Adriano, P., Santos Silva, A. *Caracterização de argamassas antigas da Igreja de Santa Maria de Évora – Sé Catedral de Évora*. Relatório LNEC 59/06-NMM, Março 2006, 86 pp.
- [8] Moropoulou, A., Bakolas, A., Bisbikou, K. *Characterization of ancient, byzantine and later mortars by thermal and X-ray diffraction techniques*. Thermochemica Acta 269/270, 1995, 779-795.
- [9] Santos Silva, A., Candeias, A.E., Pais, A.C., Nogueira, P.M. *Caracterização de Argamassas do Conjunto Monumental do Castelo de Viana do Alentejo*. Conservar Património n°1, 2005, 21-32.
- [10] Bruni, S., Cariati, F., Fermo, P., Pozzi, A., Toniolo, L. *Characterization of ancient magnesian mortars coming from northern Italy*, Thermochemica Acta 321, 1998, 161-165.
- [11] Jedrzejewska, H. *Old mortars in Poland: a new method of investigation*. Studies in Conservation 5, 132-138.