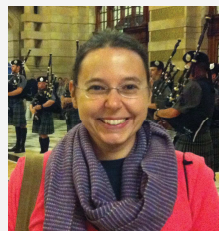


Fornos de cal da Região de Marvão

Inês Cardoso⁽¹⁾, Joaquim Carvalho⁽²⁾, António Santos Silva⁽³⁾, António Candeias⁽⁴⁾, José Mirão⁽⁵⁾



(1) Laboratório HERCULES, Universidade de Évora, Largo Marquês de Marialva 8, 7000-809 Évora, Portugal, ineslemoscardoso@gmail.com

(2) Fundação Cidade de Ammaia e CIDEHUS da Universidade de Évora, Estrada da Calçadinha, 4, 7300-328 Marvão, Portugal, jcammaia@hotmail.com

(3) Departamento de Materiais, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Avenida do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, ssilva@lnec.pt

(3) Laboratório HERCULES e Departamento de Química, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho 59, 7000-671 Évora, Portugal, candeias@uevora.pt

(4) Laboratório HERCULES e Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho 59, 7000-671 Évora, Portugal, jmirao@uevora.pt

Resumo

O estudo das argamassas da Cidade Romana de *Ammaia* levantou questões sobre a proveniência da cal calcítica utilizada como ligante, conduzindo à realização de amostragem das rochas provenientes da unidade de calcários dolomíticos aflorante na região da Escusa, Olhos de Água e Porto da Espada. Durante esta tarefa, observaram-se vários fornos de cal desativados, tendo-se recolhido amostras de argamassas das alvenarias e de cal em alguns daqueles fornos. Da caracterização química, mineralógica e microestrutural daqueles materiais resultou a identificação da dolomite como mineral predominante na composição das amostras das rochas carbonatadas. Tanto nas argamassas de assentamento como na cal dos fornos, a presença de cálcio e magnésio foi identificada por MEV-EDX e corroborada pela DRX e análise térmica. O presente estudo permitiu ir ao encontro de exemplares de património industrial o qual urge ser preservado, estudado e divulgado, como também contribuiu para clarificar a proveniência não local das matérias-primas utilizadas pelos Romanos nas argamassas da cidade de *Ammaia*.

Palavras-chave: Cal; Fornos de cal; Argamassas romanas; Calcários dolomíticos da Escusa; Ammaia.

Introdução

No âmbito do “Projecto Ammaia. Uma Acção concertada de Arqueologia, Ciências Naturais e Tecnologias Aplicadas para contextualizar uma Cidade Romana” (referência PTDC/HIS-ARQ/103227/2008, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia), procedeu-se à caracterização química, mineralógica e microestrutural das argamassas dos principais edifícios públicos da Cidade Romana de Ammaia (Marvão, Portalegre, Portugal). A calcite foi identificada como mineral predominante na composição dos ligantes das argamassas amostradas [Cardoso et al., 2014] e também de agregados das argamassas de revestimento [Cardoso et al. 2016]. Este não era o resultado esperado pois se considerava que a exploração dos calcários dolomíticos da Escusa, aflorantes na vizinhança da Ammaia, se tinha iniciado durante o período da ocupação Romana, para transformação e utilização no fabrico da cal [Oliveira, 2005].

No sentido de clarificar algumas questões sobre a proveniência da cal calcítica utilizada como ligante, procurou-se confrontar a sua composição com as litologias da região. Para tal, procedeu-se a uma amostragem de rochas provenientes da unidade de calcários dolomíticos aflorante na região da Escusa, Olhos de Água e Porto da Espada [Perdigão, 1976] (figura 1). Durante esta tarefa, observaram-se vários fornos de cal desativados; de alguns destes também se recolheram amostras de cal e de argamassas das alvenarias.

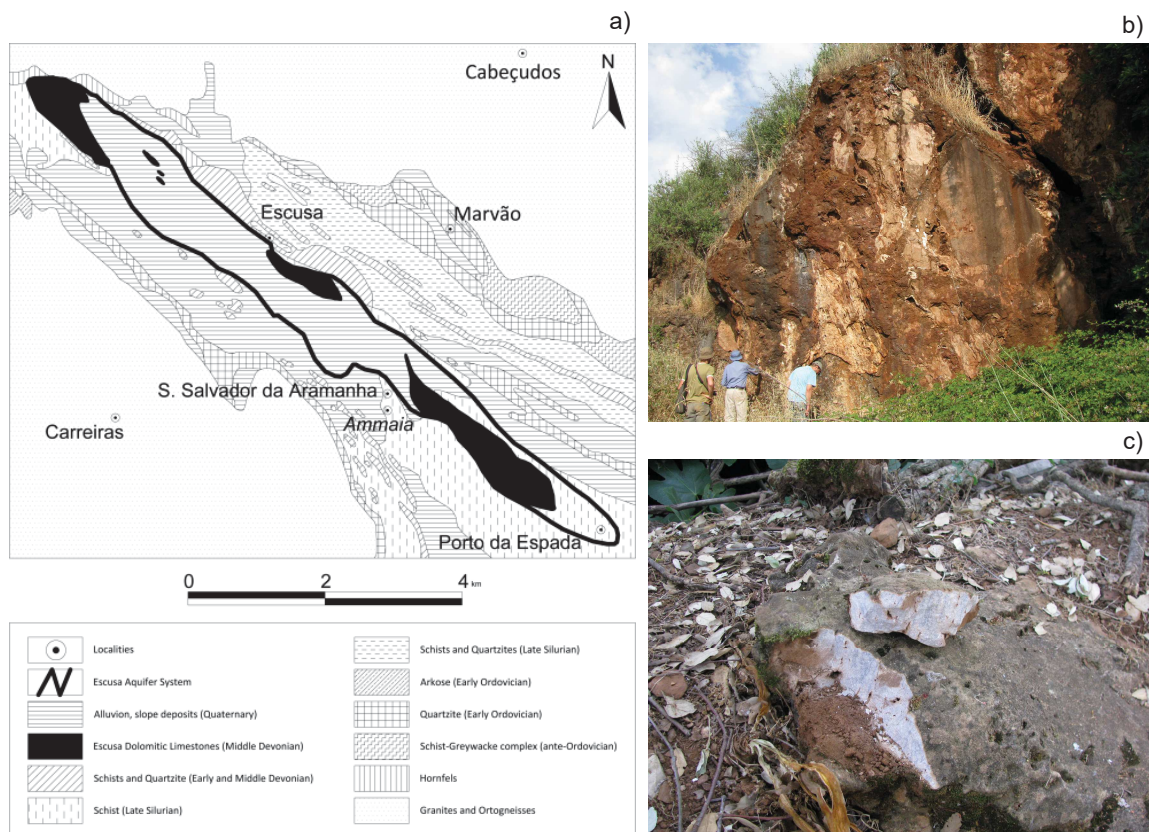


Figura 1: a) Esquema do mapa geológico da região, adaptado de Almeida et al. [2000]; b) Vista geral do afloramento de calcários dolomíticos da Escusa; c) Amostragem dos calcários de Porto da Espada.

Os Fornos de Cal da Escusa, Olhos de Água, Cova da Moura e Porto da Espada: breve contextualização histórica

Os fornos de cal da Escusa, ainda hoje em dia, fazem parte da memória das gentes de Marvão, sendo reconhecida a sua capacidade de produzir uma cal de excepcional qualidade e das mais brancas na arte da caiação. Os fornos existentes conservam-se na Freguesia de São Salvador de Aramenha, no concelho de Marvão. Estes fornos encontram-se perfeitamente inseridos na deslumbrante paisagem do Parque Natural da Serra de São Mamede, disseminados por vários núcleos ao longo da faixa calcária que vai desde a aldeia da Escusa (figura 2), passando pelos Olhos de Água (figuras 3 e 4), Cova da Moura e Queijeira, terminando próximo da aldeia do Porto da Espada (figura 5), numa extensão de aproximadamente de 7 km. O maior conjunto de fornos, num total de 9, e de vestígios de fabrico da cal encontram-se a Sudeste da aldeia da Escusa, na área denominada de “caleiras da Escusa”. Este grupo de fornos tem como característica principal o facto de se encontrarem muito próximo uns dos outros, casos há em que o capelo de um se une ao de outro, há semelhança de um favo de mel. Estes nove fornos e respetiva frente de corte no afloramento calcário marcaram de forma permanente a paisagem nesta zona do vale da Aramenha, como testemunhos de uma atividade recentemente interrompida.

Relativamente à sua contextualização cronológica, não é possível, com segurança, definir o início da extração e transformação dos calcários no concelho de Marvão, no entanto, a proximidade das ruínas da Cidade Romana de Ammaia poderá, de alguma forma, remontar o início da exploração de cal nesta região ao período Romano [Barata, F. T. et al., 2006]. Este facto foi várias vezes confirmado, pela presença de materiais de construção romanos nas imediações dos fornos da Escusa e dos Olhos D'Água que se localiza na área sobranceira às ruínas da cidade de Ammaia. Embora os indícios apontem o início da transformação da cal na zona da Escusa no período romano, só no século XVI nos chegam informações mais precisas desta atividade. O Bispo D. Jorge de Melo no seu Tratado da Cidade de Portalegre refere que poderia ter poupado muito dinheiro se tivesse mandado construir na freguesia da Aramenha, o convento para as freiras que viria a construir em Portalegre. *"Pretendeu o bispo fazer ali aquele mosteiro, porque das ruínas daquela cidade estava ali muita pedraria lavrada e mármore, e a cal muito perto e ágoa, e todos os materiais necessários, de maneira que lhe houvera de custar muito menos do que custou"* [Sotto Maior, D. P., 1619]. Ainda nos nossos dias, este facto se revela na toponímia da propriedade onde se encontra a cidade Romana, de seu nome “Quinta do Deão”, numa alusão precisa à posse por parte do Bispado de Portalegre. Deão, corresponde ao título do responsável eclesiástico que presidia ao cabido da Sé de Portalegre, era quem conduzia e organizava a vida do clero, estava imediatamente abaixo do Bispo. Outra das singularidades desta relação com o clero foi o de esta mesma propriedade ser também conhecido como a “pedreira dos Bispos”.

Posteriormente, diversos documentos, sobretudo setecentistas, referem, com alguma insistência, que foram encontrados diversos materiais romanos no interior das grutas que se abrem nos calcários da freguesia de São Salvador de Aramenha, por exemplo, junto à “Cova da Moura e Queijeira”, a caminho do Porto da Espada, e segundo diversos autores conotada como resultado de trabalhos de mineração romana. Em 1758, o Cura de São Salvador da Aramenha, refere nas Memórias Paroquiais, várias vezes as muitas caleiras e fornos existentes na sua freguesia. Sobre o conjunto mais significativo escreveu o seguinte: *"...e tem muntas pedreiras de cal preta e branca de que se utilizão em muntas terras Circumvezinhas e tem de comprimento meia legoa, e junto às pedreiras douze fornos em que continuamente se coze cal, e junto a ella quasi no meyo está cituado o monte da Escusa"*. [Gorjão, S., et al, 1993]

Nos inícios do século XIX, mais propriamente no período entre os anos de 1803 e 1806, faz-se referência aos fornos de cal nos “Manuscritos do Arquivo Histórico de Vincennes” relativamente a Portugal [Vicente, A. P., 1972], e mais concretamente, em relação à

descrição civil e militar da Vila e Praça de Marvão e seu Termo, de onde se transcreve o seguinte: “*Todo o termo desta villa he abundante de pedra calcarea, e principalmente no valle de Sévora. Aqui, na serra da Portagem, e junto da Escusa há diferentes fornos de cal até ao numero de oito, os quais fornecem a que se gasta em quazi toda esta parte da Provincia próxima de Marvão*” [Barata, F. T. et al, 2007]. Esta citação é bem demonstrativa da qualidade da cal que aqui era feita e transmite uma pequena ideia do fornecimento deste material para quase todo o Alto Alentejo. Salienta-se que, num breve trecho do mesmo documento relativo à Aldeia da Escusa, se faz referência a ser a mais considerável do termo de Marvão, onde as casas são as melhores e os moradores tem melhores cómodos, não sendo insuspeito que tal poderia estar relacionado com os proveitos da exploração da cal da Escusa.

Recentemente, os fornos e as “caleiras da Escusa” foram classificados como monumento nacional (Decreto n.º 29/2012, DR, 1ª série, n.º 225, de 21-11-2012), sendo considerados como uma “*importante memória da atividade de fabrico da cal*”, dando relevo ao carácter monumental “*e raro*” destas estruturas proto industriais em Portugal. Pensa-se que a sua importância do ponto de vista da investigação nas mais variadas vertentes - arqueológica, histórica, etnográfica e laboratorial - poderá permitir futuramente o desenvolvimento de estratégias de salvaguarda, conservação e valorização deste vasto conjunto de fornos de cal. Neste ponto, devemos incluir os homens que aqui trabalharam durante séculos, na recolha da pedra, nos fornos e na limpeza das matas em busca de lenha, atividades que moldaram e humanizaram naturalmente o Parque Natural da Serra de São Mamede.



Figura 2: Fornos de cal da região da Escusa, construídos em alvenaria de pedra seca ou assente em argamassa, de formato circular, à semelhança dos que também se encontram em Porto da Espada.



Figura 3: Forno de cal, construído em alvenaria de tijolo e pedra irregular assente em argamassa, Olhos de Água. À direita, pormenor das paredes onde se recolheram as amostras A3 e A4.



Figura 4: Exemplos de fornos de cal da região de Olhos de Água: a) Porta do forno; b) Interior do forno.



Figura 5: Exemplo de fornos de cal da região de Porto da Espada e pormenor do capelo.

Materiais e métodos

No quadro 1 apresenta-se um resumo das tipologias e proveniência dos materiais amostrados, nomeadamente, calcários de diferentes locais dos afloramentos - da região da Escusa (A1), Olhos de Água (A2, A5) e Porto da Espada (A7), vestígios de cal sobrantes do processo de cozedura dos calcários que ainda se encontram nos fornos de Porto da Espada (A6) e da Escusa (A9), bem como, argamassas das alvenarias de tijolo dos fornos de cal dos Olhos de Água (A3 e A4).

As amostras foram observadas a olho nu e à lupa binocular (Leica M205C, com aquisição de imagem pela câmara fotográfica Leica DFC290HD) e efetuado o seu registo fotográfico (Canon PowerShot SX100 IS). Após remoção das sujidades (ex: vestígios de solo e colonização biológica), procedeu-se à moagem de fragmentos representativos de todas as amostras em almofariz de ágata, até granulometria inferior a 125 μm .

A natureza mineralógica das amostras foi determinada por difração de raios X (DRX), utilizando um difractómetro de raios X, Bruker AXS-D8 Advance (Bruker AXS Inc, Madison, USA), utilizando a radiação Cu-K α ($\lambda = 0.15406 \text{ nm}$), operando com uma tensão de aceleração de 40 kV e corrente de filamento de 30 mA. Os difractogramas de pó foram obtidos com um varrimento entre 3 e 75° 2 θ , em intervalos de 0.05° e com um tempo de medição de 2s por passo.

Também se recorreu à análise térmica (análise termogravimétrica, ATG, e análise térmica diferencial, ATD), realizada numa termobalança SETARAM TG-DTA, com velocidade de aquecimento uniforme de 10 °C/minuto, num intervalo de temperatura entre 20 e 1000 °C, em atmosfera inerte (árgon – 3 L/h).

Da amostra A3 foi preparada uma superfície polida, após impregnação com resina epóxi (EpoFix Resin e EpoFix Hardener, Struers), sob vácuo, e observada através da lupa

binocular. Posteriormente, a superfície foi recoberta com carbono e observada num microscópio eletrónico de varrimento (MEV) HITACHI S-3700N equipado com um sistema de microanálise de raios X por dispersão de energia (EDX), Bruker Xflash® 5010 Silicon Drift Detector (SDD), com uma resolução de 129 eV no $K\alpha$ do Mn. As restantes amostras não foram cobertas por carbono, tendo as análises sido realizadas a 20 kV e no modo de vácuo variável.

Quadro 1. Tipologias e proveniências das amostras em estudo.

Amostras	Materiais	Proveniência
A1	Rocha	Escusa
A2		Olhos de Água
A5		Olhos de Água
A7		Porto da Espada
A6	Cal	Porto da Espada Topo do forno de cal tradicional
A9		Escusa Topo do forno de cal tradicional
A3	Argamassa de assentamento	Olhos de Água Parede exterior, em alvenaria de pedra do forno de cal (século XIX?)
A4		Olhos de Água Parede interior, em alvenaria de tijolo do forno de cal (século XIX?)

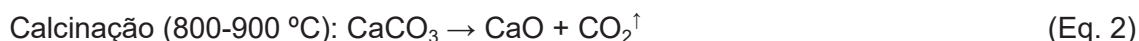
Resultados e discussão

Rocha - afloramentos da Escusa, Olhos de Água e Porto da Espada

Os resultados da DRX efetuada nas amostras de calcários A1, A2, A5 e A7 indicam a dolomite, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, como o mineral mais abundante, conforme se ilustra na figura 8a. Além deste, pequenas quantidades de calcite (CaCO_3) também foram detetadas nas amostras A1 e A5. Estes resultados são corroborados pelas curvas ATG/ATD que revelam perdas de massa intensas (cerca de 43%) entre os 700-900 °C, atribuíveis à decomposição dos carbonatos (figura 7a) [Perez-Rodriguez, et al. 2011]. A primeira perda entre os 700-800 °C corresponde à descarbonatação do carbonato de magnésio da dolomite, de acordo com a seguinte reação química (Eq. 1):



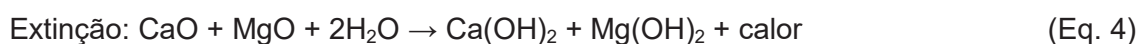
A segunda perda, entre os 800-900 °C, corresponde à descarbonatação da calcite de acordo com a reação química (Eq. 2):

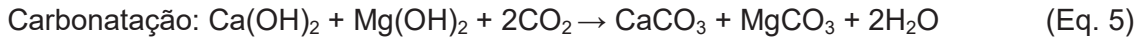


A análise dos calcários ao MEV/EDX permitiu verificar (figura 9) que o cálcio surge coincidente e em quantidade próxima da do magnésio ($\text{Ca}/\text{Mg} = 1,44$, razão atómica), o que está de acordo com a composição da dolomite. Para além desses elementos, detectaram-se o alumínio e o silício em quantidade residual.

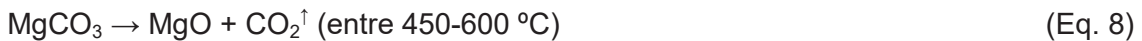
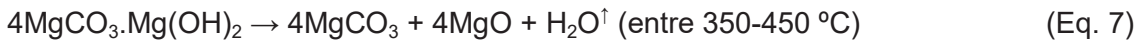
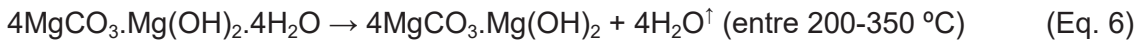
Cal

Nas amostras de cal recolhidas dos fornos de Porto da Espada e Escusa, respectivamente, amostras A6 (figura 6a) e A9, verificou-se que o cálcio e o magnésio surgem separados (figura 10), sugerindo a presença de calcite (ex: $\text{Ca}/\text{Mg} = 12,25$) e magnesite (ex: $\text{Ca}/\text{Mg} = 0,009$), compostos que se formam no decurso do processo de carbonatação de uma cal produzida a partir de um calcário dolomítico ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), de acordo com:





A presença de calcite foi confirmada por DRX (figura 8b) e também pelas perdas de massa entre os 700-850 °C, correspondentes à decomposição descrita na equação 2. Para além da calcite detetou-se hidromagnesite, $(4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg(OH)}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$ (figura 7b) e, em menor quantidade, brucite, Mg(OH)_2 , compostos que apresentam com perdas de massa entre os 200-450 °C e 450-600 °C, respetivamente [Adriano, et al, 2009]:



Argamassas de assentamento dos fornos de cal

À semelhança das amostras de cal anteriormente descritas, também nas argamassas de assentamento das alvenarias dos fornos de cal dos Olhos de Água – amostras A3 (figura 6b) e A4, o cálcio e o magnésio surgem separados, e em quantidades proporcionais e correlacionáveis com a composição de um calcário dolomítico (figura 11). O cálcio é correlacionável com a presença de calcite, identificada por DRX e confirmada pela perda de massa na gama entre 700-800 °C, enquanto o magnésio é correlacionável com a brucite, hidromagnesite e magnesite, compostos com perdas de massa entre os 200-450 °C (Eq. 6 e 7) e os 450-600 °C (Eq. 8). Por DRX identificou-se ainda quartzo, mica (moscovite) e feldspato sódico (microclina), minerais correspondentes aos agregados (figuras 6b e 8c).

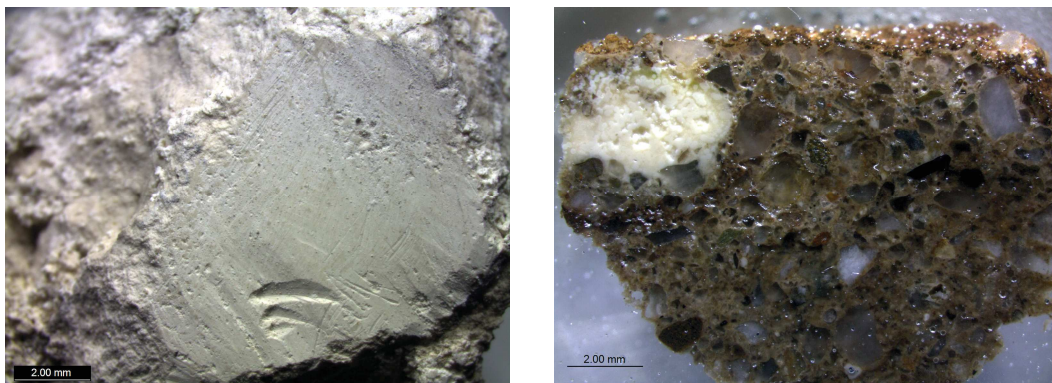


Figura 6: Observações à lupa binocular: a) Amostra A6, remanescentes de cal no forno, Porto da Espada; b) Amostra A3, argamassa de assentamento do forno de cal, Olhos de Água.

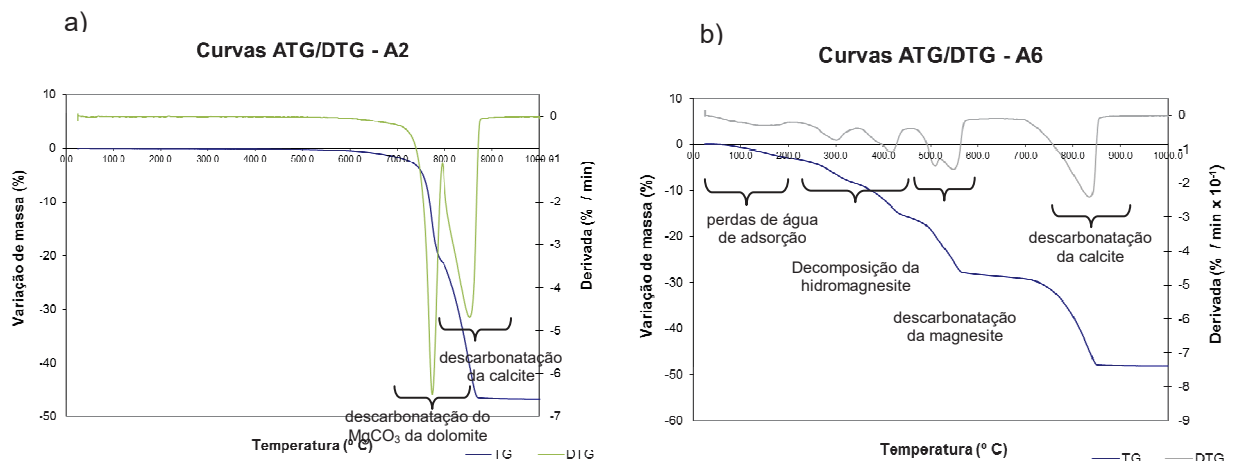


Figura 7: Termogramas das amostras de rocha (a; amostra A2) e de cal (b; amostra A6).

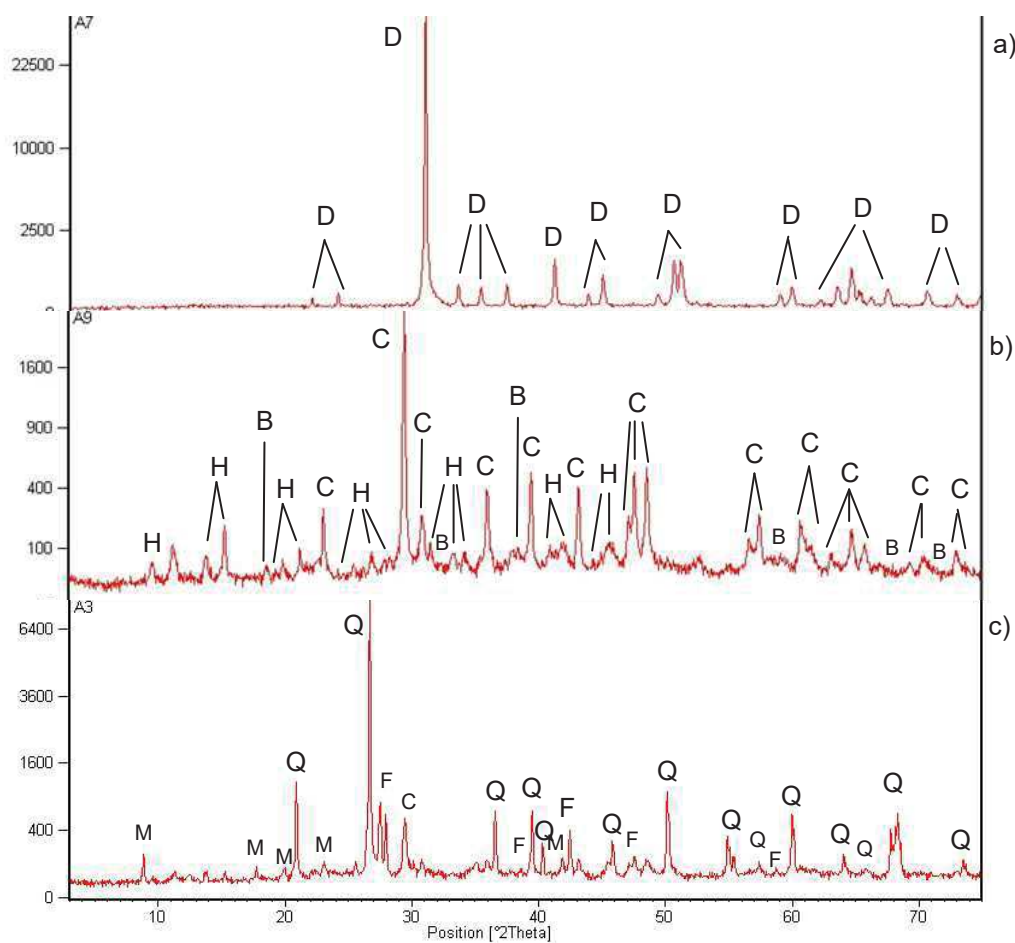


Figura 8: Difractogramas de raios X das amostras: a) A7 – calcário da região de Porto da Espada; b) A9 – cal de forno tradicional da Escusa; c) A3 - argamassa de assentamento das alvenarias de forno de cal de Olhos de Água. Legenda: D – Dolomite; C – Calcite; H – Hidromagnesite; B – Brucite; F – Feldspato (Microclina); M – Mica (Moscovite)

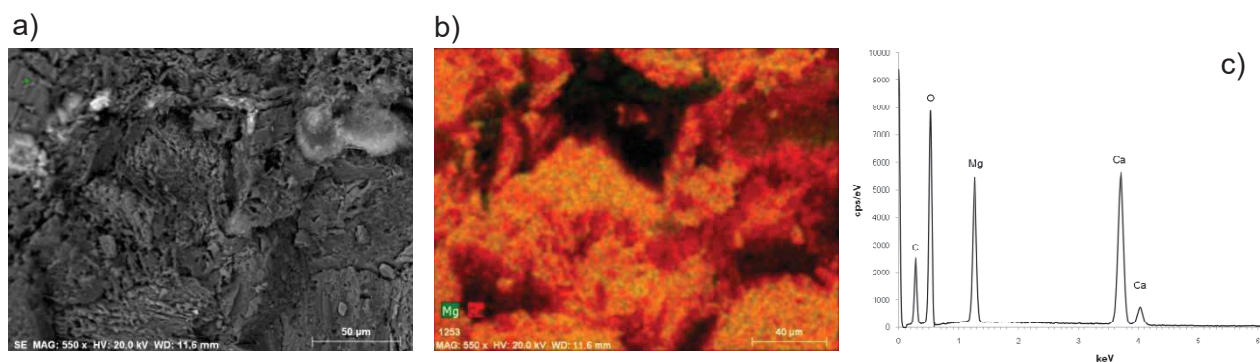


Figura 9: A1: a) Aspecto microestrutural ao MEV do calcário dolomítico da Escusa; b) Mapa elemental da distribuição do magnésio e do cálcio; c) Espectro EDX correspondente.

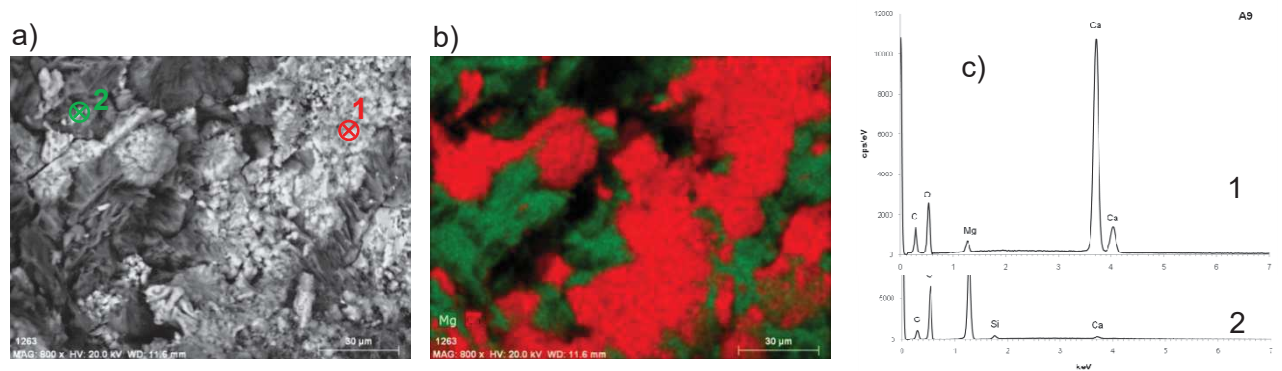


Figura 10: A9: a) Aspecto microestrutural ao MEV da cal do forno da Escusa; b) Mapa elementar da distribuição do magnésio e do cálcio; c) Espectros EDX correspondentes às zonas localizadas em (a).

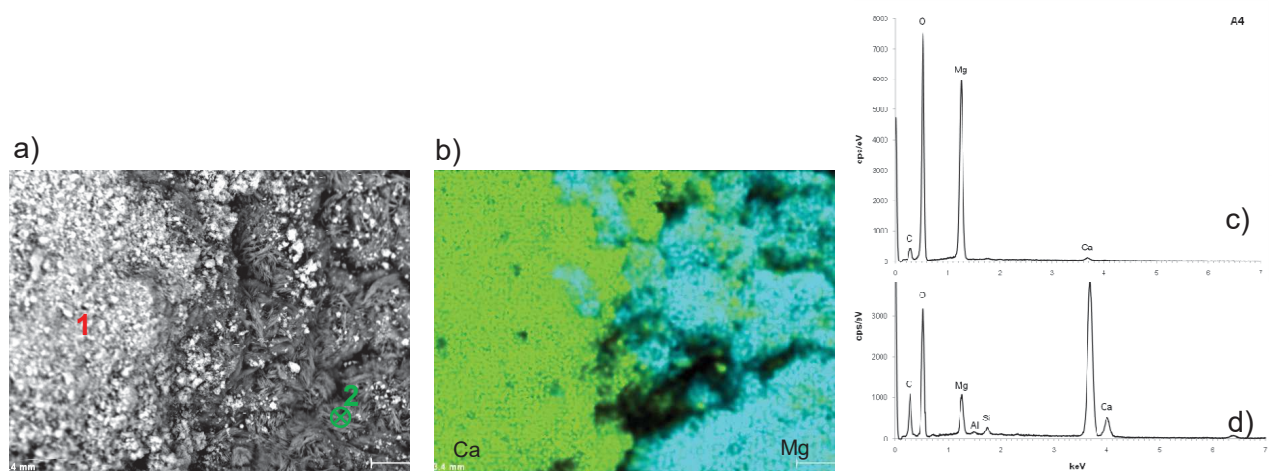


Figura 11: A4: a) aspecto microestrutural ao MEV da argamassa do forno dos Olhos de Água; b) Mapa elementar da distribuição do magnésio e do cálcio; c,d) Espectro EDX resultantes das análises pontuais localizadas na imagem (a) com 2 e 1 (áreas ricas em magnésio e cálcio, respetivamente).

Conclusão

A procura de clarificar a questão da proveniência dos materiais pétreos utilizados no fabrico da cal e como agregados das argamassas presentes nos principais edifícios da Cidade Romana de Ammaia conduziram à realização de amostragem dos calcários que afloram na sua vizinhança. No decurso desta tarefa, identificaram-se fornos de cal tradicionais nas freguesias da Escusa, Olhos de Água e Porto da Espada, construídos em alvenarias de pedra irregular e de tijolo assentes com argamassas, tendo-se recolhido também amostras destas últimas, bem como da cal sobranse dos processos de cozedura. A metodologia utilizada para a caracterização química, mineralógica e microestrutural revelou-se eficaz e permitiu confirmar a composição dos calcários dolomíticos. A cal dos fornos e as argamassas de assentamento também incluem na sua composição calcite, magnesite, hidromagnesite e dolomite, indicado que terão sido produzidas a partir da matéria-prima local. Os resultados obtidos revelaram-se bastante úteis para o estudo que se estava a desenvolver sobre a caracterização das argamassas romanas da Ammaia pois, por oposição aos resultados obtidos neste último, indicaram que as matérias-primas utilizadas pelos Romanos não terão sido provenientes daquele local. Por outro lado, este estudo conduziu ao reconhecimento de um vasto conjunto de exemplares de património industrial relacionado com a tradição da cal no Alentejo. Apesar do seu avançado estado de degradação, reconhece-se a sua importância e a urgente necessidade de preservação.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e Tecnologia: financiamento do Projecto Ammaia (PTDC/HIS-ARQ/103227/2008), à União Europeia (People - Marie Curie Action): financiamento do Radio-Past Project, e à Fundação Cidade de Ammaia. Os autores agradecem ainda à Doutora Patrícia Moita e à Sandra Velez pela colaboração na preparação das amostras, bem como, à Dulce Osório pela revisão dos textos.

Referências bibliográficas

- Adriano, P., Santos Silva, A., Veiga, R., Mirão, J., Candeias, A. E. (2009). *Microscopic characterisation of old mortars from the Santa Maria Church in Évora*. Materials Characterization, 60, 610-620.
- Almeida, C., Mendonça, J. J. L., Jesus, M. R., Gomes, A. J. (2000). Sistemas aquíferos de Portugal Continental: Escusa (A2), Instituto da Água.
- Barata, F. T., Carvalho, J. (2006). *Preservation de la memoire paysagère et développement régional: la cite romaine d'Ammaia*, in Lévêque (Ed), Paysages de Mémoire, Paris: L'Harmattan, 399-410.
- Barata, F. T., Carvalho, J. (2007). *Os Montes e Outra Marcas na Paisagem – Reflexões sobre a estrutura das paisagens do Nordeste Alentejano a partir de uma fonte de inícios do século XIX. Olhar o Monte Alentejano a Pretexto de Alqueva*, EDIA/Museu da Luz, Beja.
- Cardoso, I., Macedo, M. F., Vermeulen, F., Corsi, C., Silva, A. S., Rosado, L., Candeias, A., Mirão, J. (2014). *A Multidisciplinary Approach to the Study of Archaeological Mortars from the Town of Ammaia in the Roman Province of Lusitania (Portugal)*. Archaeometry, 56, 1-24.
- Cardoso, I., Osório, D., Carvalho, J., Candeias, A., Mirão, J. (2016). Cidade Romana de Ammaia: caracterização de fragmentos de revestimentos pintados. V Jornadas FICAL – Fórum Ibérico da Cal. Portugal, Lisboa, LNEC, 23-25 Maio 2016.
- Gorjão, S., Machado, J. L. (1993). O actual concelho de Marvão e as suas freguesias nas Memórias Paroquiais de 1758, Ibn Marúan, n.º 3 1993. 58-64.
- Oliveira, J. (2005). *São Salvador da Aramenha: História e Memórias da Freguesia*. IBN MARUÁN. n. 13 ed.: Edições Colibri / Câmara Municipal de Marvão / Junta de Freguesia de São Salvador da Aramenha.
- Perdigão, J. C. (1976). *Carta geológica de Portugal na escala de 1:50.000: notícia explicativa da folha 29C-Marvão*. Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal.
- Perez-Rodriguez, J. L., Duran, A., Perez-Maqueda, L. A. (2011). *Thermal study of unaltered and altered dolomitic rock samples from ancient monuments*. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 104, 467-474.
- Sotto Maior, D. P. (1619). *Tratado da Cidade de Portalegre*.
- Vicente, A. P. (1972). *Manuscritos do Arquivo Histórico de Vincennes, Referentes a Portugal II, (1803-1806)*, Centro Cultural Português, Fundação Calouste Gulbenkian, Paris.