

# Evolução das reações em argamassas de cal aérea e metacaulino – Projeto METACAL

André Gameiro<sup>1</sup>, António Santos Silva<sup>2</sup> e Maria do Rosário Veiga<sup>2</sup>, Ana Velosa<sup>3</sup> e Paulina Faria<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal  
<sup>4</sup> Universidade de Aveiro, Portugal

<sup>4</sup> Faculdade de Ciências da Universidade Nova de Lisboa, Portugal

agameiro@lnec.pt, ssliva@lnec.pt, veiga@lnec.pt, avelosa@ua.pt, paulina.faria@fct.unl.pt

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de materiais pozolânicos em argamassas de cal aérea tem sido observada ao longo dos tempos, os quais têm como finalidade aumentar a resistência mecânica assim como a durabilidade dessas argamassas. Os compostos formados na reação pozolânica necessitam ser compatíveis com os materiais presentes nos edifícios históricos de modo a assegurar-lhes durabilidade e resistência.

Pozolanas altamente reativas, como o metacaulino (MK), têm demonstrado ser duradouras e compatíveis com edifícios históricos, sendo que em Portugal a existência de matéria prima (caulino) em elevada quantidade permitiria a fácil obtenção da referida pozolana.

Este trabalho apresenta os resultados da caracterização de pastas e argamassas de cal aérea e metacaulino (cal/MK) com vista à formulação de argamassas à base de cal aérea para conservação e restauro de monumentos antigos.

## 2. MÉTODOS

Numa primeira fase procedeu-se à avaliação da cinética da reação pozolânica de pastas de cal/MK, com diferentes teores de MK (5, 9, 17, 25, 33, 38 e 50%) e curadas a  $20 \pm 3^\circ\text{C}$  e  $90\% \pm 5\%$  HR, e analisadas até 1 ano de idade por ATG-ATD e DRX.

Numa segunda fase analisaram-se as características de argamassas de cal/MK com o traço 1:3 em volume (ligante:areia), com teores de 9, 17, 23 e 33% MK (% de substituição, em massa), em termos do desenvolvimento da reação pozolânica (ATG-ATD), do tipo de compostos formados (DRX) e das propriedades mecânicas (resistências à flexão e compressão). Em paralelo avaliou-se a influência nas referidas propriedades em diferentes condições de cura: *cura standard* (65% HR e  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ ); *cura húmida* ( $90\% \pm 5\%$  HR e  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ ); *cura standard com aspersão de água potável* (65% HR e  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ ); *cura standard com aspersão de água do mar* (65% HR e  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ ); *cura em exposição natural em ambiente marítimo*; *Cura em exposição natural em ambiente urbano*.

Numa terceira fase avaliou-se o efeito do aumento do teor de ligante no traço (variando entre 1:1, 1:2 e 1:3) em condições de *cura húmida* e com teores de substituição de 30% e 50% de MK (% em massa), recorrendo a técnicas de DRX, ATG-ATD e resistências à flexão e compressão.

## 3. RESULTADOS

Deste estudo há a salientar os seguintes aspetos:

### 1) Pastas:

- Os compostos hidráulicos cristalinos obtidos são strattlingite ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ), monocarboaluminato ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$ ) e aluminato de cálcio hidratado ( $\text{Ca}_2\text{Al}(\text{OH})_7 \cdot 6.5\text{H}_2\text{O}$ ).

- A diminuição do teor de MK promove um decréscimo de fases hidráulicas, em especial para teores de  $\text{MK} \leq 17\%$ .

- Os aluminatos de cálcio hidratados formados são compostos instáveis.

### 2) Argamassas:

- A reação de carbonatação foi preponderante relativamente à reação pozolânica nas argamassas com o traço 1:3.

- Nas argamassas com traço 1:3, os melhores resultados foram obtidos nas curas *húmida* e *standard*, sendo que em termos absolutos a argamassa que apresentou maior desenvolvimento da reação pozolânica foi em *cura húmida* com 23% de teor de MK.

- Nas argamassas com maior teor ligante (1:1 e 1:2) em *cura húmida* foi notório o maior desenvolvimento da reação pozolânica relativamente às argamassas com o traço 1:3, aumento esse que foi maior à medida que o teor de substituição por MK aumentou.

## 4. CONCLUSÕES E PROSSEGUIMENTO DO ESTUDO

Deste estudo há a concluir que:

- As argamassas de cal/MK necessitam de condições húmidas favoráveis ao desenvolvimento da reação pozolânica, i.e., HR na ordem dos  $90\% \pm 5\%$ .

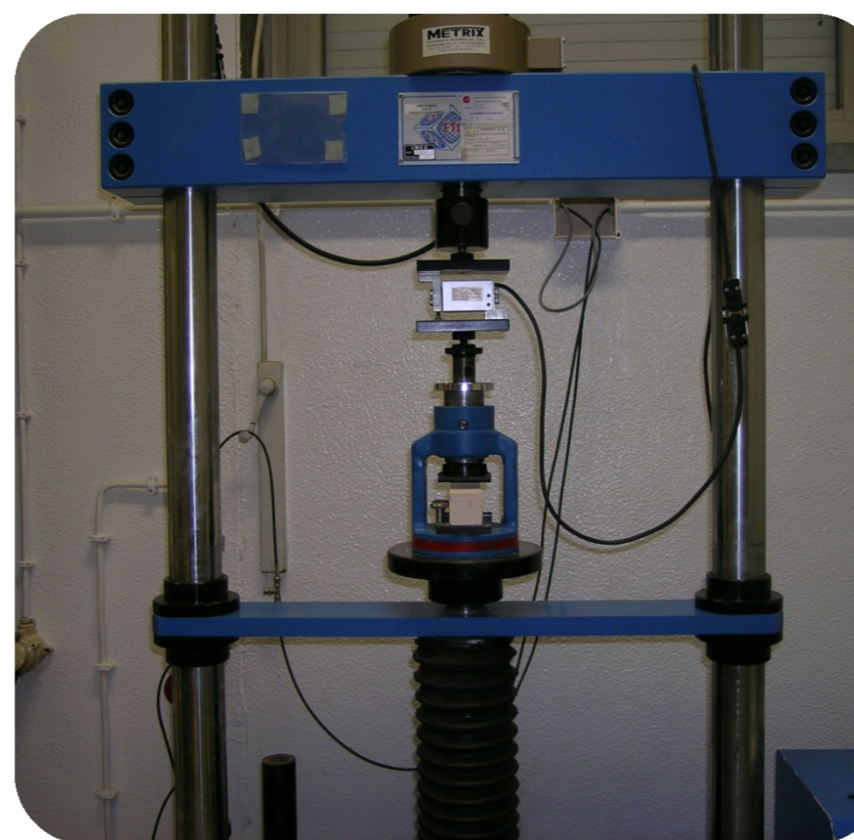
- Os compostos hidratados formados nestas argamassas de cal/MK apresentam-se quimicamente compatíveis com os das argamassas de construções antigas, abrindo boas perspetivas à sua aplicação na conservação e restauro de edifícios históricos.

- É fundamental prosseguir os trabalhos no sentido de avaliar as características funcionais das argamassas com metacaulino em condições de aplicação em obra, ajustando as composições e as condições de cura às situações reais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) o apoio financeiro no âmbito do projecto METACAL (PTDC/ECM/100431/2008) e às empresas LUSICAL e IMERYS pelo fornecimento de CL90 e de metacaulino usados neste projecto.

### Resistência à flexão e à compressão



### Análise Térmica (ATG-ATD)



### Difração de Raios-X (DRX)

