

A influência da pozolana metacaulim na cura inicial da argamassa de cal

FLÁVIA COSTA DE MATTOS¹; MARGARETE REGINA FREITAS GONÇALVES²

¹UFPEL 1 – fcmattos@vetorial.net

²UFPEL – margareterfg@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A cal aérea é um aglomerante inorgânico que misturado com água, forma uma pasta com propriedades aglomerantes, cujo endurecimento se dá pela reação com o dióxido de carbono (CO_2), e que após esta reação (carbonatação) não resiste bem em ambientes úmidos ou em contato permanente com água.

Para as argamassas de cal, o processo de endurecimento ocorre apenas pela reação de carbonatação, que é uma reação lenta, podendo levar anos para finalizar. Este processo, com aumento da resistência ao longo do tempo, é iniciado pela secagem da água em excesso com a transformação do hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) em carbonato de cálcio (CaCO_3) e/ou carbonato de magnésio (MgCO_3), dependendo da natureza da cal, através do contato com o dióxido de carbono (CO_2), fenômeno conhecido como carbonatação que ocorre do exterior para o interior da argamassa.

A dificuldade de endurecimento das argamassas de cal tem provocado seu desuso, no entanto, para restauração de prédios históricos, é muito conveniente a sua utilização, apresentando compatibilidade física e química com os materiais tradicionais utilizados no passado (VELOSA, 2006; RODRIGUES, 2004).

Para atender esta necessidade, pesquisadores vem estudando o uso de materiais pozolânicos em argamassa de cal, sobretudo em casos específicos, como nos locais com presença de água ou com dificuldade de acesso de CO_2 , que tem apontado para resultados que viabilizam a sua utilização no incremento da resistência mecânica e na durabilidade (RODRIGUES, 2004; VELOSA, 2006; AGGELAKOPOULOU et al., 2011; VEIGA, 2013; MAGALHÃES et al., 2017).

Além do incremento nas propriedades mecânicas e físicas, a utilização de pozolana artificial, como o metacaulim se alinha com a adoção de práticas construtivas sustentáveis, visto que sua produção libera menos dióxido de carbono para a atmosfera se comparado com a produção de cimento Portland e, também, pela menor absorção de CO_2 durante a carbonatação das argamassas (VELOSA et al., 2009).

No sistema cal-metacaulim o endurecimento ocorre tanto pela reação de carbonatação como pela pozolânica, sendo que a reação pozolânica compete com a de carbonatação e, se as condições ambientais forem mais favoráveis à carbonatação, toda a cal se transforma em carbonato de cálcio antes mesmo de reagir com o metacaulim, atuando este como filer (agregado) e não mais como ligante (VEIGA, 2013).

Assim, a reação de carbonatação em argamassas de cal é um mecanismo controlado pela difusão e dissolução do CO_2 , em que, na hipótese da estrutura porosa estar preenchida pela água, a difusão do CO_2 será muito lenta, atrasando o processo de carbonatação.

Diante dessas premissas, o programa experimental deste trabalho avaliou o potencial de carbonatação de uma argamassa de cal, cujo aglomerante foi substituído, parcialmente (10% em massa), por dois tipos de metacaulim (Mk Ultra e MK Max).

2. METODOLOGIA

A partir da adoção do traço experimental 1:4 em volume (cal e areia, respectivamente) foram elaboradas três famílias de argamassas (Tabela 1), preparadas com pasta da cal, maturada por sete dias (1:0,6 - cal e água, respectivamente). Na mistura, a quantidade de água utilizada foi a necessária para a obtenção de argamassas trabalháveis e adequadas para aplicação in situ, conforme a NBR 13276:2005, Tabela 1.

Tabela 1 – Formulação e índice de consistência das argamassas testadas

IDENTIFICAÇÃO	TRAÇO EM VOLUME	PROPORCIONALIDADE EM MASSA (Kg)					A/MS	IC (mm)
		Cal hidratada em pasta	Areia	MK Ultra	MK Max	Água		
A	1:4	0,480	3,058	-	-	0,491	0,20	261
B		0,432	3,058	0,026	-	0,475	0,19	256
C		0,432	3,058	-	0,022	0,474	0,19	260

* A/MS- Água/Materiais secos

Para a caracterização das argamassas foram corpos de prova em formas prismáticas (40x40x160 mm), que foram curados por 28 dias em local com umidade e temperatura igual a $80 \pm 5\%$ e $20 \pm 2^\circ\text{C}$, respectivamente. O ensaio de resistência à compressão foi realizado de acordo com a NBR 13279:2005 e foi utilizada uma prensa da marca INSTRON- modelo 8801.

Após a ruptura, os corpos de prova foram avaliados quanto a carbonatação de acordo com o procedimento CPC-18 (RILEM, 1988), através de aspersão da solução de fenolftaleína, que é um indicador que muda de cor, de incolor para rosa em regiões com pH entre 8,3 e 10, ou seja, o aparecimento da cor rosa na argamassa, significa que esta área não foi carbonatada. As medidas de profundidade de carbonatação foram feitas com um paquímetro sobre a superfície fraturada.

Segundo COELHO et al. (2009), o indicador de fenolftaleína possui limitações para avaliar o grau de carbonatação em argamassas áreas, visto que, apesar da indicação da superfície estar carbonatada, a resistência pode aumentar, indicando que o processo de carbonatação não está totalmente concluído. Para complementar esta análise identificou-se a carbonatação das argamassas, através dos picos característicos de calcita, por meio de Difração de Raio-X (DRX) em um equipamento da marca Bruker - modelo D8 Advance.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o resultado de resistência à compressão das argamassas aos 28 dias de cura, na qual pode-se ver que é possível identificar a influência positiva da presença do metacaulim na resistência à compressão das argamassas com o acréscimo de resistência sobre a família A de 33% para a B e 32% para a C. Esta influência também foi observada no momento da desforma, em que ocorreu aos 7 dias para as famílias B e C, enquanto para a A, foi possível somente aos 14 dias.

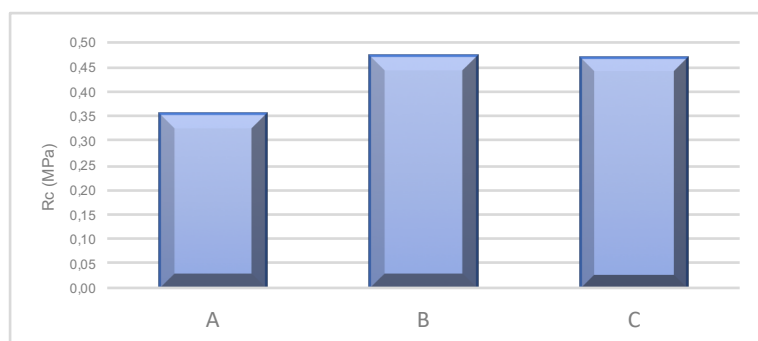


Figura 1- Resistência à compressão aos 28 dias de cura.

A profundidade de carbonatação nas argamassas (Figura 2), identificada pela cor rosa, revela que existe uma fronteira bem definida entre o material carbonatado e o não-carbonatado. Na figura é possível identificar que a argamassa de referência (A) apresentou-se menos carbonatada que as demais (B e C), sendo as medidas médias de profundidade iguais a 2,48 mm para a argamassa A, 5,76 mm para a argamassa B e 6,14 mm para a argamassa C.

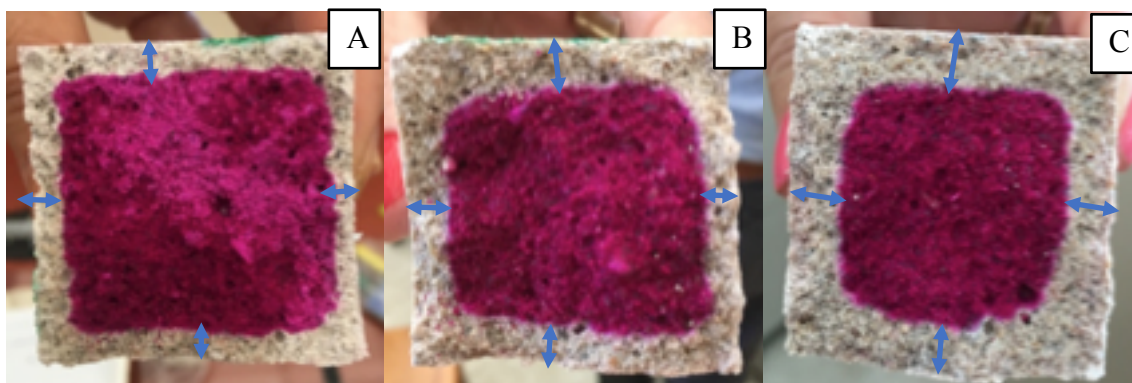


Figura 2 – Profundidade de carbonatação das argamassas analisadas.

Complementando a análise sobre a carbonatação, a Figura 3 apresenta a composição mineralógica das argamassas, indicando a presença das seguintes fases cristalinas: quartzo, portlandita e/ou brucita e a calcita.

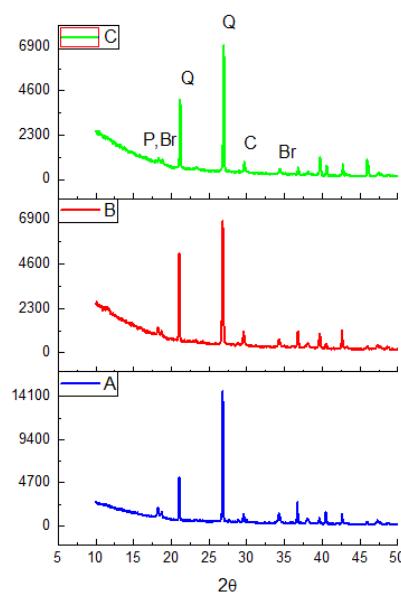


Figura 3 – Difrátogramas das argamassas com 28 dias de cura.

Na figura 3, os difratogramas das argamassas mostram que após 28 dias a reação dominante foi a de carbonatação e que esta foi maior nas famílias com metacaulim, como demonstrado na intensidade dos picos de calcita, ou seja, 8,3% para a argamassa A, 15,6% para a argamassa B e 13,2 % para a argamassa C.

4. CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados, depreende-se que a substituição parcial da cal por metacaulim apresenta vantagens em termos de cura inicial. As argamassas de cal-metacaulim (B e C), aos 28 dias, apresentaram melhor comportamento quanto a resistência à compressão, inclusive com maior facilidade na desforma. Os difratogramas indicaram maior teor de calcita nas argamassas com metacaulim (B e C), quando comparadas com a argamassa de referência (A). Não foi percebida, nestes resultados, diferença significativa entre os dois tipos de metacaulim utilizados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR13276** - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279** - Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.
- AGGELAKOPOULOU, E., BAKOLAS, A., MOROPOULOU, A. Properties of lime-metakaolin mortars for the restoration of historic masonries. **Applied Clay Science**, v.53, n.1, p.15-19, 2011.
- COELHO, A. Z.; TORGAL, F. P.; JALALI, S. **A cal na construção**. Guimarães: Edição TecMinho, 2009.
- MAGALHÃES, A. C.; MUÑOZ, R.; ANDRADE, L. S. Argamassas de cal aérea com metacaulim para uso em alvenarias antigas: um estudo experimental. In: **Simpósio Brasileiro De Tecnologia Das Argamassas**, 12, São Paulo, 2017. **Anais...** São Paulo, 2017.
- RILEM. **CPC 18** - Measurement of hardened concrete carbonation depth, 1988.
- ROGRIGUES, M. P. S.F.F. **Argamassas de revestimento para alvenarias antigas- Contribuição para o estudo da influência dos ligantes**. 2004 Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- VEIGA, M.R. Argamassas de cal e metacaulino para revestimento de paredes antigas: características do revestimento aplicado. In: VELOSA A., ROCHA F.T., CACHIM P. (Org.), **Metacaulino em Portugal. Produção, Aplicação e Sustentabilidade**. Aveiro: IUC, 2013.Cap. 7, p.115-137.
- VELOSA, A. L. P. L. **Argamassas de cal com pozolanas para revestimento de paredes antigas**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)- Universidade de Aveiro.
- VELOSA, A. L., ROCHA, F., VEIGA, M. R. Influence of chemical and mineralogical composition of metakaolin on mortars characteristics. **Acta Geodynamica et Geomaterialia**, v.6, n. 1, p.121-126, 2009.