

Effect of Wetting and Drying on the Behavior of Polymer-Modified Cement Materials

Efeito da Saturação e Secagem no Comportamento de Materiais Cimentícios Modificados com Polímeros

J. DE OLIVEIRA ^A
D. A. SILVA ^B
L. A. GÓMEZ ^C

Abstract

Polymer-modified mortars and concretes have been widely used as construction materials since 1960. However, it has been reported that these materials show lower strengths when saturated in water or when submitted to high humidity conditions. In an attempt to understand this behavior, the present study evaluated mortars modified with hydroxyethyl cellulose (HEC) and poly(ethylene-co-vinyl acetate) - EVA - during wetting and drying. The results have shown that the mechanical strengths (especially flexural tensile and bond strengths) of the mortars are affected by the water absorption. However, this phenomenon seems to be partially or completely reversible.

Keywords: mechanical behavior; polymer-modified cement-based material; water immersion; drying.

Resumo

Argamassas e concretos modificados com polímeros vêm sendo amplamente utilizados como materiais de construção desde 1960. No entanto, há indicações de perda de resistência mecânica desses materiais quando saturados em água ou submetidos a elevadas umidades. Com o intuito de compreender este comportamento, o presente estudo avaliou argamassas modificadas com hidroxietil celulose (HEC) e copolímero acetato de vinila/etileno (EVA), durante saturação em água e secagem. Os resultados mostram que as resistências mecânicas (especialmente a resistência à tração na flexão e a aderência) das argamassas são afetadas pela absorção de água. Entretanto, este fenômeno parece ser parcial ou totalmente reversível.

Palavras-chave: comportamento mecânico; materiais à base de cimento modificados com polímeros; saturação e secagem.

^a Juliana de Oliveira is a PhD student at the Department of Civil Engineering, Federal University of Santa Catarina, Brazil. She received her BS (2001) and her MS (2004) from the same university.

^b Denise A. Silva is an Assistant Professor of Civil Engineering at the Federal University of Santa Catarina, Brazil. She received her BS (1989) and ME (1993) from the Federal University of Rio Grande do Sul, and her Ph.D. (2001) from the Federal University of Santa Catarina at Florianópolis, Brazil. She recently developed a post-doctoral research at the University of California at Berkeley (2004).

^c Luis Alberto Gómez is an Assistant Professor of Civil Engineering at the Federal University of Santa Catarina, Brazil. He received his MEE (1985) from NUFFIC, Holland and his Ph.D. (2000) from the Federal University of Santa Catarina, Brazil.

1 Introdução

Os polímeros são responsáveis por modificar algumas propriedades dos materiais à base de cimento, tais como durabilidade, impermeabilidade, resistência à abrasão, flexibilidade e resistência de aderência. Atualmente, materiais cimentícios modificados com polímeros são bastante utilizados como materiais para reparo de estruturas de concreto devido sua compatibilidade com a base de concreto, pavimentação de pontes e plataformas de estacionamento e como argamassas adesivas para assentamento de placas cerâmicas (1,2).

As propriedades das argamassas e concretos modificados com polímeros dependem, basicamente, da co-matriz, na qual a matriz do polímero e do cimento hidratado estão homogeneizadas (3). As características dessa co-matriz dependem do tipo e teor de polímero empregado, que podem ser classificados em: látices ou dispersões poliméricas, pós-redispersíveis, polímeros solúveis em água e polímeros líquidos (4).

Com a saída de água dos sistemas modificados com látices poliméricos, ao longo da hidratação do cimento, ocorre a formação de um fino filme ou membrana (3). Este filme geralmente resulta em uma melhor impermeabilidade do composto e impede a propagação de fissuras causadas por esforços de tração. A melhoria da aderência nas argmassas e concretos modificados com polímeros é atribuída a formação do filme polimérico formado na interface com os demais materiais. Entretanto, há indícios que estes materiais apresentam pouca resistência a água, ou seja, eles podem ter seu comportamento comprometido quando saturados ou expostos a elevadas umidades (3,5). Fritze (6) e Jenni (7) observaram uma diminuição do desempenho mecânico e de aderência em argmassas modificadas com polímeros quando em maior grau de saturação. Supõe-se que esta maior sensibilidade a água pode estar ligada a

alterações da fase polimérica quando em contato prolongado com água. Alterações, tais como a desagregação, amolecimento, enfraquecimento e/ou inchamento do filme polimérico seriam as responsáveis pelo comportamento observado.

Látices poliméricos e éteres de celulose são os polímeros mais utilizados no Brasil e em muitos países. São utilizados conjuntamente na produção de argmassas para assentamento de placas cerâmicas. Separadamente, eles são frequentemente estudados e usados na produção de concretos auto-compactáveis, materiais à base de cimento isentos de macro defeitos e argmassas de reparo.

Com o intuito de investigar o comportamento de materiais cimentícios modificados com polímeros frente a água, foram preparados corpos-de-prova de argmassas com diferentes teores do éter de celulose HEC (hidroxietil celulose) e do copolímero EVA (acetato de vinila/etileno). Os corpos-de-prova foram submetidos a um ciclo de molhamento e secagem e, então, ensaiados a compressão, tração por compressão diametral, tração na flexão e aderência. Os resultados foram correlacionados com a absorção de água e a variação dimensional dos corpos-de-prova. A metodologia e os resultados apresentados neste trabalho fazem parte da dissertação de mestrado recentemente concluída por OLIVEIRA (8).

2 Procedimento Experimental

2.1 Materiais

O estudo foi realizado em argmassas contendo cimento Portland (tipo CPII-F 32 de acordo com a norma técnica brasileira NBR 5732/91), areia fina de origem eólica, água deionizada, o éter de celulose hidroxietil celulose (HEC), e o copolímero acetato de vinila/etileno (EVA). As tabelas 1, 2 e 3 apresentam as características dos materiais.

Tabela 1 – Caracterização do cimento Portland CPII-F 32.

Caracterização química (%)										
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CO ₂	Perda ao fogo	Resíduo insolúvel
17,40	4,62	2,62	59,93	5,96	3,22	0,19	1,07	3,94	4,80	1,35
Caracterização física e mecânica										
Tempo de pega (min)		Água de consistência (%)	Área específica Blaine (cm ² /g)	Resíduo #200 (%)	Resíduo #325 (%)	Exp. a quente (mm)	Resistência à compressão (MPa)			
Inicial	Final									
275	345	26,69	3381	3,10	13,02	0,39	27,79	31,24	39,00	

A proporção de materiais empregada na confecção das argmassas foi 1:3 (cimento:areia, em massa). A relação água/cimento foi mantida constante em 0,76. Os teores de HEC e EVA foram 0, 0,5, 1% e 0, 10, 20%, respectivamente, em relação a massa de cimento. Assim sendo, nove diferentes argmassas foram estudadas.

As argmassas foram preparadas em misturador mecânico, em velocidade baixa de rotação, conforme o procedimento a seguir: (i) mistura dos materiais secos (cimento, areia e polímeros) durante 120 segundos; (ii) colocação da mistura

seca sobre a água deionizada, de modo contínuo durante 30 segundos e mistura mecânica por 60 segundos; (iii) mistura manual da argmassa com auxílio de uma espátula, num intervalo de 60 segundos; (iv) mistura por mais 60 segundos; (v) repouso da argmassa por 15 minutos, coberta com um pano úmido ou plástico para impedir a evaporação da água; (vi) remistura por 15 segundos. A temperatura e umidade relativa no laboratório eram de aproximadamente 23°C e 65%, respectivamente.

Tabela 2 – Caracterização física da areia.

	Abertura da peneira (mm)	Porcentagem retida (em massa)	
		individual	acumulada
Distribuição granulométrica - NBR 7217/87	0,6	0,03	0,03
	0,3	1,03	1,06
	0,15	71,81	72,87
	0,075	27,02	99,89
	<0,075	0,11	100,00
Módulo de finura – NBR 7217/87		0,74	
Massa unitária – NBR 7251/82		1,51 kg/dm ³	
Massa específica – NBR 6508/84		2,64 kg/dm ³	
Materiais pulverulentos – NBR 7219/87		0,81%	
Matéria orgânica – NBR 7220/87		< 300 ppm	

Tabela 3 – Caracterização física dos polímeros EVA e HEC.

EVA	
Teor de sólidos (termogravimetria) ^a	99±1%
Teor de inorgânicos (30min a 1000°C) ^a	7.63%
Densidade aparente (porosimetria por intrusão de mercúrio) ^a	1.34g/cm ³
Massa específica (NBR 6474/84)	1.24g/cm ³
Tamanho da partícula (granulometria a laser em etanol) ^a	11% acima de 250µm
Colóide protetor ^b	Álcool polivinílico (PVA)
Temperatura de transição vítrea -Tg (DSC – calorimetria diferencial de varredura) ^a	11.2°C
Temperatura mínima de formação de filme ^b	Aproximadamente 4°C
HEC	
Teor de inorgânicos (30min a 1000°C) ^a	2.47%
Densidade aparente (porosimetria por intrusão de mercúrio) ^a	1.57g/cm ³
Massa específica (NBR 6474/84)	1.41g/cm ³
Tamanho da partícula (granulometria a laser em etanol) ^a	6% acima de 250µm
Temperatura de transição vítrea -Tg (DSC – calorimetria diferencial de varredura) ^a	-5,34°C
Pico de fusão (DSC - calorimetria diferencial de varredura) ^a	100.42°C
Massa molecular ^b	1,900,000
Grau de polimerização ^b	7,600
Viscosidade (2% em solução aquosa) ^b	100,000 mPa.s

^a SILVA, D.A. (9)^b características informadas pelo fabricante

2.2 Condições de exposição

Com o intuito de avaliar o efeito da saturação e secagem pós-saturação no comportamento de argamassas modificadas com polímeros, os corpos-de-prova foram submetidos a três diferentes condições de exposição:

1. 56 dias em laboratório* (23°C e 75% U.R.) + 0 dias em imersão;
2. 46 dias em laboratório* + 10 dias em imersão;
3. 46 dias em laboratório* + 10 dias em imersão + 16 dias de secagem em laboratório;
4. * incluindo 7 dias nos moldes

Ensaio físicos e mecânicos foram realizados nos corpos-de-prova após terem sido submetidos a estas condições de exposição, conforme está descrito nos itens 2.3 e 2.4, respectivamente.

2.3 Ensaio físicos

A determinação da absorção de água das argamassas foi realizada em corpos-de-prova prismáticos (relação área/volume = 2,4) durante a condição de exposição (2). Os corpos-de-prova foram pesados previamente à imersão (aos 46 dias de idade) e diariamente após a mesma, durante o período de 10 dias em que permaneceram imersos em água. A variação de massa após o período de saturação foi registrada e expressa em porcentagem (%),

em relação à massa inicial dos corpos-de-prova. Os resultados apresentados referem-se à média obtida a partir dos valores mensurados em seis corpos-de-prova de cada argamassa.

Com o intuito de avaliar a variação dimensional das argamassas durante o período de saturação, corpos-de-prova prismáticos (10 x 60 x 240mm) foram submetidos à mesma condição de exposição (2), sendo, então, realizadas leituras medindo-se a distância entre duas placas metálicas (*demec-points*) coladas na superfície de cada extremidade dos corpos-de-prova, a partir de um extensômetro mecânico (*demec-gauge*). As medidas foram realizadas previamente a imersão dos corpos-de-prova em água e diariamente após a mesma, até o término do período de imersão. As médias de variação dimensional foram obtidas a partir dos resultados de quatro corpos-de-prova, para cada tipo de argamassa.

2.4 Ensaios mecânicos

Para avaliar as resistências mecânicas das argamassas, foram moldados corpos-de-prova cilíndricos (50mm de diâmetro e 100mm de altura) e prismáticos (10 x 40 x 160 mm). Os corpos-de-prova cilíndricos foram ensaiados a compressão axial e a tração por compressão diametral, de acordo com as normas brasileiras NBR 7215/96 e 7222/94, respectivamente (10,11). A moldagem foi realizada em quatro camadas compactadas com golpes de espátula. Para reduzir o teor de ar incorporado devido a elevada viscosidade das argamassas no estado fresco, também foi aplicada uma vibração ao final do processo de moldagem, a partir do contato dos moldes com uma mesa acoplada a um motor de 3425 r.p.m., durante um período de 30 segundos. Os corpos-de-prova prismáticos foram moldados em uma única camada, na qual eram aplicados 30 golpes de espátula, seguidos de uma vibração.

O ensaio de flexão foi realizado a partir do método de flexão a três pontos, sendo a aplicação de carga feita no centro do vão dos corpos-de-prova bi-apoiados. A carga foi aplicada a uma velocidade constante de carregamento de 0,1mm/min. Detalhes adicionais sobre este método estão descritos em outro trabalho (12).

A resistência à tração na flexão é dada através da clássica equação (Eq.1) da teoria da mecânica dos sólidos, onde σ é a tensão de tração na flexão (MPa), P a carga aplicada no meio do prisma (N), L a distância entre apoios (mm), b o maior lado da seção transversal do corpo-de-prova (mm) e h espessura do corpo-de-prova (mm).

$$\sigma = \frac{1,5PL}{bh^2} \quad (1)$$

A resistência de aderência das argamassas foi determinada utilizando-se uma placa de porcelanato como substrato, uma vez que a mesma apresenta uma baixa absorção de água e há uma tendência de formação de filme na interface da mesma com argamassas modificadas com polímeros. As placas utilizadas apresentam absorção média de água de 0,04% e expansão de umidade de 0,00 mm/m, determinadas conforme a norma brasileira NBR 13818/97 e o Projeto de Norma da ABNT 02.002.100-003/96, respectivamente. Aplicou-se uma camada contínua de

argamassa com 6mm sobre o tardo da placa cerâmica, na qual era aplicada uma carga de 0,08 kgf/cm², durante um período de trinta segundos. Após submetidas aos períodos de saturação e secagem, as argamassas foram ensaiadas pelo método de arrancamento, conforme apresenta a Fig.1. Sobre a camada da argamassa, foram realizados cortes circulares (diâmetro de 50mm), nos quais eram coladas peças metálicas com o intuito de aplicar a carga de arrancamento.

Nos ensaios de compressão, tração e flexão, foram ensaiados três ou quatro corpos-de-prova de cada argamassa. Já para a determinação da resistência de aderência, foram realizados dez arrancamentos para cada argamassa. A análise estatística dos resultados foi realizada por análise de variância (ANOVA).

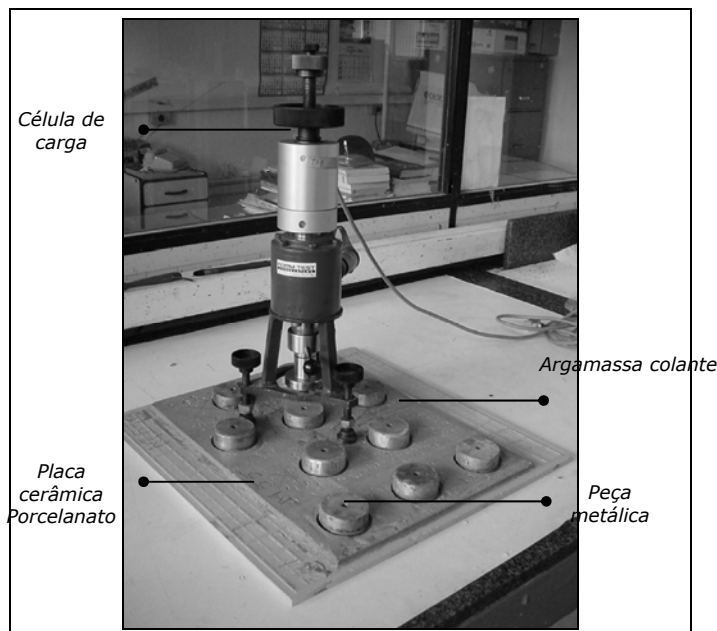


Fig. 1 – Equipamento utilizado para o ensaio de aderência.

3 Resultados e Discussões

3.1 Resistência à compressão e à tração na flexão

A análise de variância dos dados de resistência à compressão axial e à tração por compressão diametral mostram que o fator molhamento e secagem exerce efeito significativo nos resultados. Como pode ser observado na Fig. 2, as argamassas modificadas com polímero apresentaram menores resistências à compressão se comparadas a argamassa de referência (A0). Observa-se, também, que há uma tendência de diminuição das resistências à compressão das argamassas quando imersas em água durante 10 dias (condição 2), se comparadas às resistências quando em laboratório (condição 1), independentemente do teor de polímero utilizado. Após um período de 16 dias de secagem (condição 3) houve uma recuperação significativa da resistência mecânica em todas argamassas. Essa recuperação indica que as alterações nas resistências podem ser atribuídas ao efeito exercido pela tensão superficial da água nos capilares da matriz

cimentícia. Além disso, não há evidências de uma expressiva redução da resistência à compressão das argamassas modificadas com polímeros quando saturadas em água. Dessa forma, não é possível concluir que há uma maior sensibilidade dessas argamassas na presença de água.

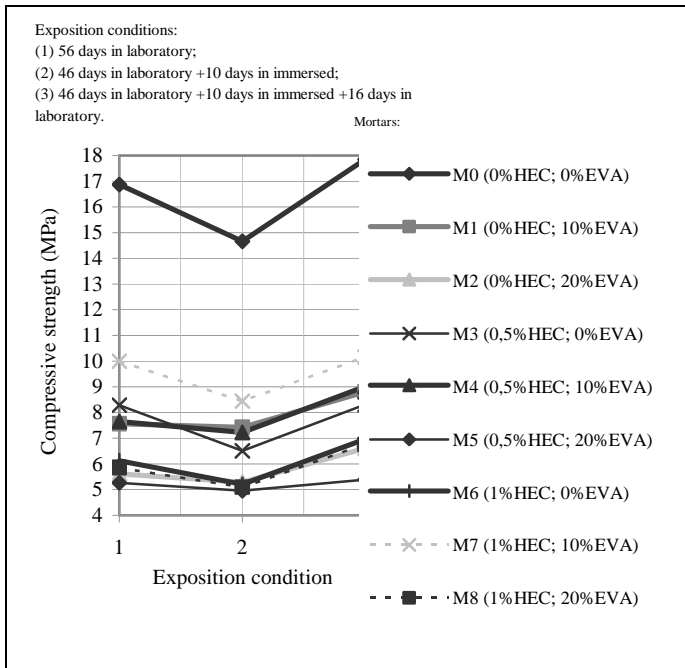


Fig. 2 - Efeito da condição de exposição e do teor de polímero na resistência à compressão axial das argamassas.

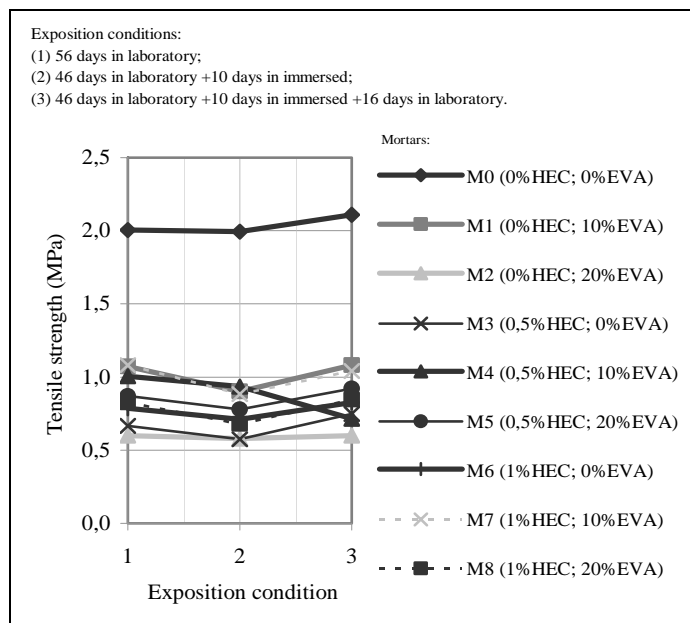


Fig. 3 - Efeito da condição de exposição e do teor de polímero na resistência à tração por compressão diametral das argamassas.

A Fig. 3 mostra o gráfico com os resultados de resistência à tração por compressão diametral. As tendências são similares as obtidas no ensaio à compressão, contudo são

menos significativas. Dessa forma, não é possível concluir, frente a estes resultados, se as argamassas modificadas com polímeros apresentam sensibilidade a água ou não.

3.2 Resistência à tração na flexão

De acordo com os resultados da ANOVA, a imersão dos corpos-de-prova em água, bem como a posterior secagem dos mesmos, é um fator significativo na resistência à tração na flexão das argamassas. A Fig. 4 mostra os efeitos da condição de exposição e do teor de polímeros nos resultados. Conforme era esperado, os maiores valores de resistência à tração na flexão foram obtidos pela argamassa de referência (A0), a qual não possui adição de polímero. Entretanto, ao contrário do observado no ensaio de compressão, a resistência à tração na flexão da argamassa de referência não apresentou redução quando saturada. Enquanto que, todas as argamassas modificadas com polímeros apresentaram uma redução significativa de resistência à tração na flexão quando saturados (condição 2) e uma recuperação parcial dessa resistência após um subsequente período de secagem (condição 3).

Há indicações de que os polímeros exercem um efeito fortemente significativo sobre o comportamento à flexão de argamassas e concretos, devido à formação de filme sobre a superfície dos agregados e das partículas do cimento hidratado, a qual influenciaria na aderência entre estas partículas e a matriz cimentícia (13,14). Assumindo esta hipótese, os resultados apresentados na Fig. 4 indicam uma maior sensibilidade das argamassas modificadas com polímeros durante o período de imersão, se comparados aos resultados obtidos pela argamassa de referência.

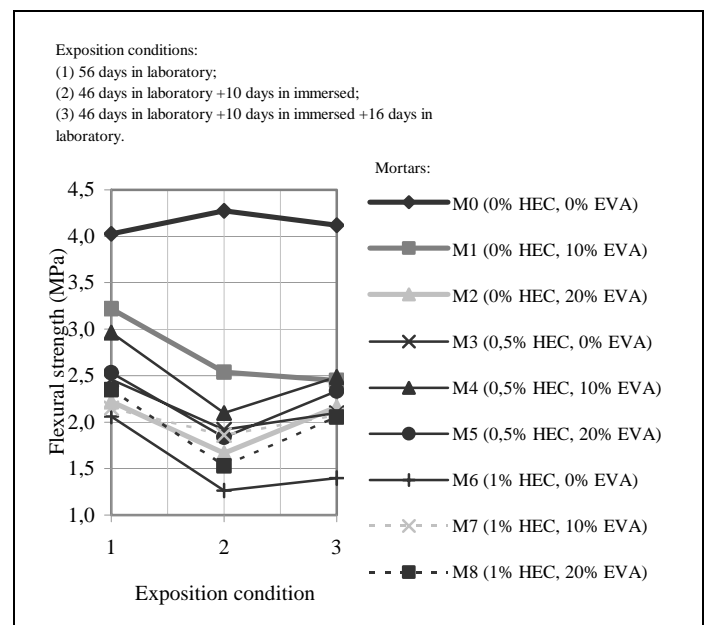


Fig. 4 - Efeito da condição de exposição e do teor de polímero na resistência à tração na flexão das argamassas.

3.3 Resistência de aderência

A resistência de aderência das argamassas com placas cerâmicas de porcelanato, também, mostraram-se

significativamente sensíveis ao molhamento e secagem, conforme resultados obtidos da análise de variância (ANOVA). A Fig. 5 mostra a influência das condições de exposição e do teor de polímeros na aderência. Pode-se observar que as argamassas modificadas com HEC apresentaram as menores resistências de aderência, independentemente da condição de exposição. Conforme esperado, na presença do polímero EVA ocorre um aumento da resistência de aderência das argamassas que contêm HEC em sua composição, devido a formação do filme polimérico na interface argamassa/placa cerâmica.

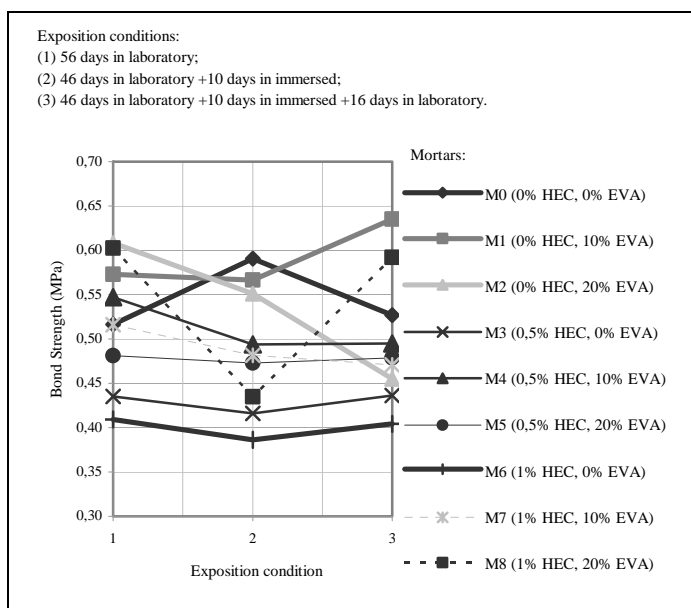


Fig. 5 - Efeito da condição de exposição e do teor de polímero na resistência de aderência entre as argamassas e o porcelanato.

Os autores deste trabalho acreditam que a fase polimérica pode ser afetada negativamente quando em contato com água. Pelo fato de haver a formação de um filme polimérico na interface argamassa/placa cerâmica, esperava-se que o efeito da imersão em água fosse mais evidente. Apesar de a argamassa de referência (A0) ter sido a única a não apresentar redução de resistência de aderência quando saturada, não foram encontradas outras evidências que confirmem a hipótese. Entretanto, apesar de ter sido possível realizar a análise de variância dos resultados, cabe ressaltar que os resultados apresentaram elevada dispersão, conforme pode ser visto na Fig. 5. Dessa forma, conclui-se que são necessários ensaios adicionais de resistência de aderência, a partir de diferentes métodos, com o intuito de confirmar o efeito da saturação no comportamento de argamassas modificadas com EVA e HEC.

3.4 Absorção de água

A Fig. 6 apresenta os resultados do ensaio de absorção de água em função dos teores de polímeros empregados. Observa-se que as argamassas modificadas apenas com HEC apresentam os maiores valores de absorção de água. O aumento do teor de HEC faz com que a absorção aumente. O copolímero EVA não apresenta um efeito tão significativo,

entretanto, o mesmo torna o efeito do HEC menos expressivo.

A partir desses resultados, é possível concluir que o HEC provoca modificações nos poros capilares da matriz cimentícia, permitindo uma maior penetração de água ou uma interação física. Este comportamento ocorre devido ao caráter hidrofílico dos éteres de celulose, eles adsorvem e fixam parte da água, formando um hidrogel ou uma solução nos poros da matriz cimentícia. O EVA parece modificar este comportamento, diminuindo a quantidade e a taxa de absorção de água.

Apesar de as argamassas modificadas com o polímero HEC apresentarem elevados valores de absorção de água, as resistências mecânicas destas argamassas não foram afetadas significativamente pela imersão em água. Dessa forma, pode-se concluir que a fase polimérica concentra-se nos poros da matriz cimentícia e não ocorrem alterações significativas na resistência da argamassa quando em contato com água. Os eventuais produtos formados nas argamassas modificadas com polímeros, resultantes da interação polímero-cimento, apresentam poucas alterações em presença de água ou não são sensíveis à mesma.

3.5 Variação dimensional

A Fig. 7 apresenta a variação dimensional ocorrida nos corpos-de-prova durante o período de imersão (10 dias). A expansão específica foi calculada dividindo-se o comprimento dos corpos-de-prova após a imersão pelo comprimento inicial, ou seja, aos 46 dias de idade e previamente a imersão.

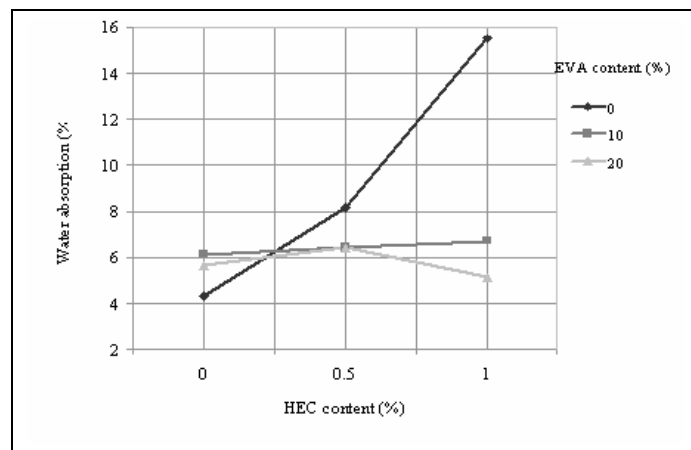


Fig. 6 - Absorção de água das argamassas ao final do período de imersão.

Como pode ser visto na figura, tanto a presença do copolímero EVA como do polímero HEC confere um aumento dimensional nas argamassas. Entretanto, o efeito do EVA é mais significativo, sendo responsável por um aumento de aproximadamente cinco vezes, se comparado ao da argamassa de referência. Embora cause um aumento dimensional nas argamassas sem ou com baixa quantidade de EVA, o HEC parece tornar o efeito do copolímero menos expressivo, reduzindo a possibilidade de expansão. Quanto maior é o teor de HEC, maior é esta capacidade de redução.

Comparando-se as Figs. 6 e 7 constata-se que mesmo havendo uma redução de absorção de água das argamassas

na presença do copolímero EVA, há um aumento dimensional, ao contrário do efeito observado para o éter de celulose HEC, o qual causa uma elevada absorção de água, sem acarretar uma expansão expressiva. Conseqüentemente, conclui-se que o HEC aumenta o volume de poros capilares, resultando em uma maior absorção de água. A maior expansão das argamassas que contêm HEC em sua composição pode ser devida ao inchamento da fase polimérica, bem como a adsorção de água nos poros menores ($\phi < 50$ nm) da argamassa. Dessa forma, é possível que o HEC aumente o volume de poros de determinado diâmetro. O EVA reduz a absorção de água, mas por outro lado causa expansão nas argamassas quando imersas, aumentando a suposição de que há um inchamento da fase polimérica, o qual causa uma expansão total nos corpos-de-prova ou apenas na superfície dos mesmos, a qual está em contato com a água.

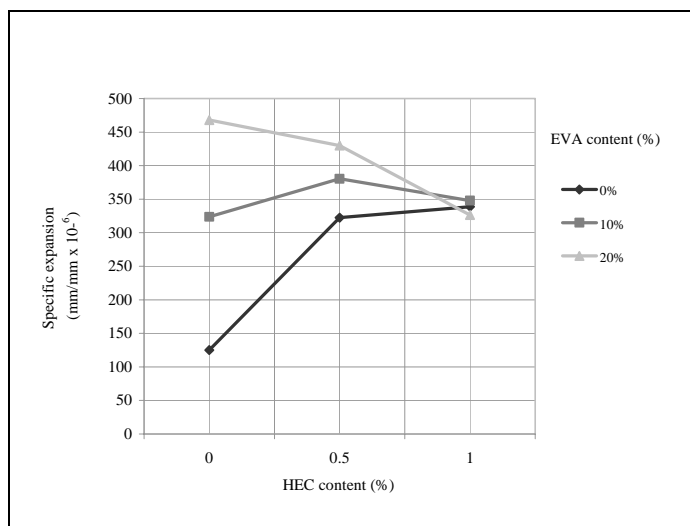


Fig. 7 – Efeito da interação dos polímeros HEC x EVA na variação dimensional específica das argamassas ao final do período de imersão.

4 Conclusões

O estudo do comportamento das argamassas modificadas com EVA e HEC mostrou que a saturação provoca uma leve redução na resistência à compressão e à tração por compressão diametral das argamassas, e perdas significativas na resistência à tração na flexão, não havendo recuperação total após secagem. Em relação ao ensaio de resistência de aderência, verificou-se que o EVA é responsável por um aumento da resistência com placas de porcelanato, ao contrário do efeito observado nas argamassas com HEC. As argamassas modificadas com EVA demonstraram uma maior sensibilidade à saturação, indicando que a fase polimérica ou uma eventual fase resultante da interação polímero-cimento é sensível a ação da água. Este fenômeno parece ser parcial ou totalmente reversível após secagem.

O efeito do EVA na absorção de água e expansão das argamassas é intrigante. O copolímero causa uma expansão nos corpos-de-prova após 10 dias de imersão, mas provoca um pequeno aumento ou redução na absorção de água das argamassas. Os resultados indicam que a expansão das argamassas deve ser resultado de um inchamento

superficial da fase polimérica devido a ação da água. Por outro lado, o HEC provoca um aumento expressivo na absorção de água e uma expansão menos expressiva. Dessa forma, conclui-se que o éter de celulose aumenta o volume de poros capilares das argamassas, podendo também expandir, causando uma expansão total nos corpos-de-prova.

5 Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro do CNPq e FUNPESQUISA/UFSC, a Cimento Rio Branco S.A, pela doação do cimento utilizado na pesquisa e a Tereza Gomes Oliveira, que auxiliou na realização dos ensaios.

6 References

- [1] OHAMA, Y., 1996, Polymer-based materials for repair and improved durability: Japanese experience. *Construction and Building Materials*, Vol. 10, No. 1, pp. 77-82.
- [2] MIRZA, J.; MIRZA, M.S.; LAPOINTE, R., 2002, Laboratory and field performance of polymer-modified cement-based repair mortars in cold climates. *Construction and Building Materials*, Vol. 16, pp. 365-374.
- [3] OHAMA, Y., 1984, Polymer-modified mortars and concretes. In: RAMACHANDRAN, V. S. (Ed.) *Concrete Admixtures Handbook*. New Jersey: Noyes Publications. Cap.7, pp. 337-429.
- [4] OHAMA, Y., 1998, Polymer-based admixtures. *Cement and Concrete Composites*, No. 20, pp. 189-212.
- [5] DU CHESNE, A.; BOJKOVA, A.; GAPINSKI, J.; SEIP, D.; FISCHER, P., 2000, Film formation and redispersion of waterborne latex coatings. *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 224, pp. 91-98.
- [6] FRITZE, P., 2002, Deformabilidad y resistencia al agua de los adhesivos C1 y C2 según las normas EN 12004 y EN 12002. In: *World Congress on Ceramic Tile Quality*, 7, Castellon (Spain), 2002. *Proceedings...* Castellon: Cam. Of. Com. Ind. Nav./Col. Of. Ing. Sup. Ind., pp. GII 3-16.
- [7] JENNI, A., 2003, Microstructural evolution and physical properties of polymer-modified mortars. Switzerland, University of Bern, 101 pp. (PhD thesis).
- [8] OLIVEIRA, J., 2004, Estudo das propriedades de argamassas colantes submetidas a estado de saturação e secagem. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. (M.Sc. Dissertation, in Portuguese).
- [9] SILVA, D. A., 2001, Efeitos dos polímeros HEC e EVA na microestrutura de pastas de cimento Portland. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 246 pp. (PhD thesis, in Portuguese).
- [10] Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1996, NBR 7215. Cimento Portland- Determinação da resistência à compressão, Rio de Janeiro, (in Portuguese).
- [11] Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994, NBR 7222. Argamassa e concreto- Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos, Rio de Janeiro (in Portuguese).
- [12] BETIOLI, A. M., 2003, Degradação de fibras de PET em materiais à base de cimento Portland. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 138 pp. (M.Sc. Dissertation, in Portuguese).
- [13] SAKAI, E.; SUGITA, J., 1995, Composite mechanism of polymer modified cement. *Cement and Concrete Research*, Vol. 25, No. 1, pp.127-135.
- [14] KARDON, J. B., 1997, Polymer-modified concrete: review. *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 9, No. 2, pp. 85-92.

