

Análise do desempenho de argamassas de rejuntamento modificadas com resíduo polimérico

Analysis of the performance of grouting mortars modified with polymeric residue

Bruna de Tomasi Tessari, bacharela em Engenharia Civil, UCS

bttessari@ucs.br

Diego Piazza, Doutorado em Eng. de Minas, Metalúrgica e de Materiais, UFRGS

dpiazza1@ucs.br

Resumo

Falhas no rejuntamento de revestimentos cerâmicos são comumente associadas à presença de outras patologias mais graves, como o deslocamento do revestimento. A primeira função do rejunte é preencher as juntas de assentamento de um revestimento cerâmico, entretanto, as solicitações mecânicas e químicas demandam que a argamassa tenha outras propriedades, além da capacidade de enchimento. Aliado à demanda por materiais de construção mais eficientes, observa-se o destino inadequado de resíduos gerados pelo consumo humano e pelos processos industriais, dos quais, destacam-se os poliméricos devido à sua difícil degradação. Entretanto, diversos estudos obtiveram êxito na incorporação de resíduos poliméricos em matrizes cimentícias. O presente trabalho teve como proposta a modificação de argamassas de rejuntamento com resíduo polimérico, verificando seu desempenho através de ensaios em estado fresco, ensaios em estado endurecido, bem como ensaios adicionais, não normatizados, a fim de avaliar o desempenho das argamassas aplicadas. Os resultados dos ensaios indicaram que a incorporação de resíduo polimérico em argamassas de rejuntamento possui propriedades promissoras de aplicação, além de favorecer o destino do resíduo.

Palavras-chave: Rejuntamento; Polímero; Resíduo.

Abstract

Flaws in grout mortar, are commonly associated with the presence of other serious pathologies, such as the detach of the coating. Grouts first function is to fill the joints of a ceramic coating, however, the mechanical loads and chemical properties require that the mortar has other properties in addition to that capacity. Combined with the demand for more efficient construction materials, the inadequate destination of residues generated by human consumption and industrial processes, of which, due to their difficult degradation, the polymers stand out. Several studies have been successful in the incorporation of polymeric residues in cement matrices. This research had as proposal the modification of grouting mortars with polimer residuals, verifying their performance through fresh state tests, hardened tests, as well as additional non - standardized tests in order to evaluate the performance of applied grouting mortar. The results indicated that the incorporation of polimer residue into grout mortars has promising properties of application, besides favoring the residue destination.

Keywords: Grouting; Polymer; Residue.

1. Introdução e objetivos

Os revestimentos cerâmicos são largamente adotados como acabamento de áreas molhadas e fachadas em todo o mundo. No que diz respeito a fachadas executadas em revestimento cerâmico, a incidência de patologias, além de usual é preocupante, em razão dos riscos gerados pelo descolamento de pastilhas e placas cerâmicas. Galletto e Andrello (2013) identificaram que quase metade das patologias encontradas em fachadas cerâmicas está localizada nas argamassas de rejuntamento, ademais, apontam as falhas nos rejuntos como possíveis causas das demais patologias, tais como som cavo e descolamento das placas cerâmicas.

No que tange os revestimentos cerâmicos, a qualidade está sujeita à execução e à escolha correta dos materiais. Junginger (2003) aponta que o engenheiro precisa escolher quais solicitações deseja atender ao determinar a argamassa de rejuntamento, visto que não existem no mercado produtos que satisfaçam a todas as solicitações.

Aliada à demanda por edificações com melhor desempenho, observa-se a preocupação com o meio ambiente, motivando a busca de uma destinação aos resíduos pós-consumo gerados pelo homem, especialmente aqueles de difícil degradação, como os materiais poliméricos.

Desta forma, o presente estudo teve por objetivo avaliar a viabilidade técnica da utilização de resíduos poliméricos em argamassas de rejuntamento. Para tal foram avaliadas as propriedades mecânicas, morfológicas e o desempenho aplicado das argamassas ensaiadas.

2. Materiais e métodos

No presente trabalho foram utilizados cimento CP-II-F (Votorantim), água potável captada do sistema de abastecimento municipal de Caxias do Sul (SAMAE), rejunte monocomponente comercial Bemfixa, rejunte acrílico monocomponente da Weber Saint-Gobain e resíduo de EVA¹.

Foram confeccionados três grupos de amostras, o primeiro (Rcom), tendo como base a argamassa monocomponente comercial, o segundo (Rpro), tendo por base argamassa cimentícia dosada *in loco* e por fim, o terceiro grupo (Rref) composto pela argamassa comercial acrílica, referência em desempenho. Os dois primeiros grupos receberam teores padrão de incorporação de resíduo polimérico de EVA¹.

Segundo a NBR 14992:2003, as amostras foram submetidas ao ensaio de retenção de água; análise de resistência à compressão, realizada em prensa hidráulica modelo I-3001-R; resistência à tração na compressão, realizada em prensa hidráulica Emic PC200;

¹ Os autores reservam o direito de manter em sigilo as características dos materiais e dos traços ensaiados, uma vez que estes estão em processo de depósito de patente.

absorção de água por capilaridade; determinação da permeabilidade, adaptado para realização com cachimbo de vidro. A avaliação morfológica foi realizada através da análise microscópica da superfície fraturada das amostras submetidas à tração na flexão com uso de Microscópio Digital USB – Vimicro Corp.

Dois ensaios não normatizados foram propostos para a avaliação da argamassa de rejuntamento aplicada ao sistema de revestimento cerâmico (figura 01): comportamento frente à ação de agente químico e frente à variações térmicas.

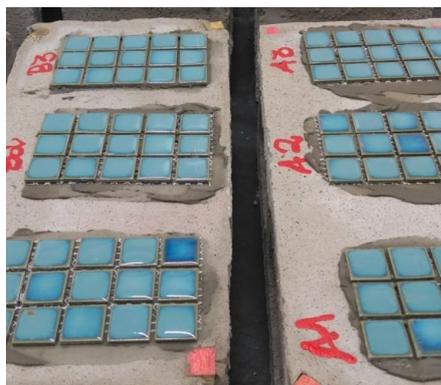


Figura 01 - Simulação de um sistema cerâmico utilizado neste estudo. Fonte: elaborado pelos autores.

O processo experimental foi realizado no Laboratório de Tecnologia Construtiva da Universidade de Caxias do Sul (LABTEC – UCS) onde as amostras foram submetidas ao programa experimental apresentado na Tabela 1.

PROGRAMA EXPERIMENTAL		
NBR 14992:2003		
Ensaio	Traços submetidos ao ensaio	Idade de ensaio
Retenção de água	Rcom e Rpro	10 min
Resistência à compressão	Rcom e Rpro	14 dias
Resistência à tração na flexão	Rcom e Rpro	7 dias
Absorção de água por capilaridade aos 300 min	Rcom e Rpro	28 dias
Permeabilidade aos 240 min	Rcom e Rpro	28 dias
Ensaio Complementares		
Ensaio	Traços submetidos ao ensaio	Idade de ensaio
Resistência a variação térmica	Rcom, Rpro e Rref	7 dias
Resistência a agentes químicos	Rcom, Rpro e Rref	7 dias

Tabela 01 - Programa experimental. Fonte: elaborado pelos autores.

3. Resultados e discussões

3.1 Trabalhabilidade

Conforme indicação da norma, NBR 14992 (ABNT, 2003), a trabalhabilidade das argamassas de rejuntamento é definida a partir da quantidade de água indicada pelo fabricante para a mistura completa dos componentes, não sendo adequada a execução de ensaios como o de slump e o de espalhamento. Garlet (1998) indica, porém, outros parâmetros para a avaliação deste critério, tais como: consistência plástica, mobilidade, coesão e segregação.

Com base nesses critérios, ao analisar de forma empírica as argamassas em estudo durante as etapas de preparação e moldagem, foi constatado que as argamassas pertencentes ao grupo Rcom apresentaram trabalhabilidade semelhante para todos os teores adotados, visto que, possivelmente, os aditivos (não identificados pelo fornecedor) presentes na matriz original tendem a provocar a incorporação de ar na argamassa, impossibilitando uma análise comparativa entre as amostras com a adição de diferentes teores de EVA. Durante a moldagem dos corpos de prova das amostras do grupo Rcom, o efeito de inchamento também foi observado, possivelmente associado a formação de bolhas.

Ao avaliar, também forma visual as argamassas das amostras do grupo Rpro, foi possível constatar de forma mais evidente a diferença na maleabilidade e na facilidade de mistura das argamassas contendo EVA em sua composição. A trabalhabilidade foi percebida tanto no momento da mistura, como na moldagem dos corpos de prova. Notou-se também que a amostra contendo o teor mais elevado de EVA apresentou menos exsudação quando comparada às amostras sem polímero e com teor inferior de adição.

Silva, Cincotto e Roman (2005) verificaram que, ao adicionarem EVA em pastas de cimento, o polímero proporcionou a plastificação da mistura, atuando como um defloculante para os grãos de cimento. Apesar dos baixos teores de polímero adotados neste estudo, pôde-se observar a ampliação da trabalhabilidade das argamassas de rejuntamento modificadas com resíduo de EVA.

3.2 Análise morfológica

As micrografias obtidas por microscopia ótica, via microscópio digital, da superfície fraturada dos corpos de prova de flexão das amostras do grupo Rcom são apresentadas na figura 02.

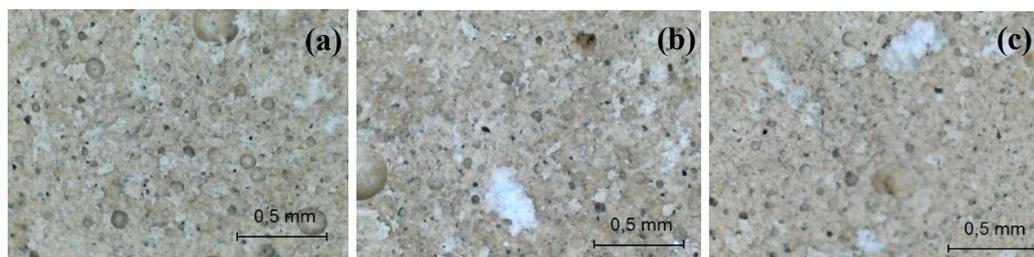


Figura 02 - Aspecto da superfície fraturada do corpo de prova da amostra Rcom sem EVA (a); Rcom contendo o 1º teor de EVA (b); Rcom contendo o 2º teor de EVA (c). Fonte: elaborado pelos autores.

A análise morfológica da superfície fratura das amostras do grupo Rcom, demonstra uma elevada densidade de póros (bolhas), com tamanhos distintos e dispersas de forma randômica. Este comportamento é mais acentuado nas amostras sem EVA. Verifica-se que a incorporação de resíduo de EVA na formulação da argamassa reduz a quantidade de bolhas e o diâmetro das mesmas, este efeito redutivo é mais significativo com o aumento do teor de EVA.

A porosidade encontrada nas amostras do grupo Rcom pode estar associado a um efeito dos aditivos – não reveladas em sua composição química – presentes na formulação da argamassa de rejuntamento comercial utilizada.

As micrografias obtidas por microscopia ótica, via microscópio digital, da superfície fraturada dos corpos de prova de flexão das amostras do grupo Rcom são apresentadas na figura 03.

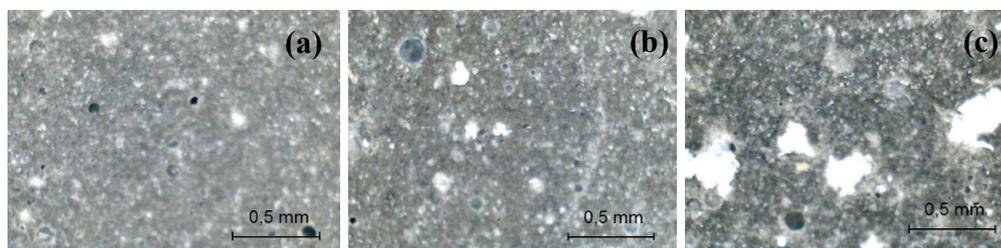


Figura 03 - Aspecto da superfície fraturada do corpo de prova da amostra Rpro sem EVA (a); Rpro contendo o 1º teor de EVA (b); Rpro contendo o 2º teor de EVA (c). Fonte: elaborado pelos autores.

De acordo com a análise morfológica da superfície fratura das amostras do grupo Rpro, identifica-se uma menor quantidade de póros (bolhas) em relação às amostras do grupo Rcom. Apesar da baixa quantidade de bolhas, as que foram identificadas apresentam tamanhos distintos e dispersas de forma randômica. A menor densidade de bolhas para as amostras do grupo Rpro, pode estar associada ao fato da inexistência de aditivos em sua formulação, apenas a incorporação dos diferentes teores de EVA. Como fora enfatizado por Antunes (2010) o controle da porosidade é muito importante para a prevenção da ocorrência de eflorescências.

Conforme fora observado por Garlet (1998), a porosidade apresentada pelo concreto modificado com EVA apresenta-se inversamente proporcional ao consumo de cimento, por esta razão, a quantidade de póros presentes nas amostras Rpro, rica em cimento, é significativamente inferior às amostras Rcom.

Sakai e Sugita, 1995 apud Silva e Roman, 2002, observaram em seus estudos que ao adicionarem EVA em matrizes cimentícias as partículas do polímero e do cimento se dispersavam de maneira uniforme, bem como o polímero se depositava nos vazios capilares da estrutura hidratada. Este efeito pôde ser observado durante a análise morfológica dos grupos de amostras estudados, Rcom e Rpro, ao evidenciar a deposição de partículas de EVA no interior das bolhas. A micrografia da figura 04 (a) mostra uma partícula do resíduo de EVA posicionada no interior de uma bolha na superfície fraturada em uma amostra do grupo Rcom. Comportamento similar foi observado na superfície da amostra fraturada do grupo Rpro conforme apresentado na micrografia da figura 04 (b).

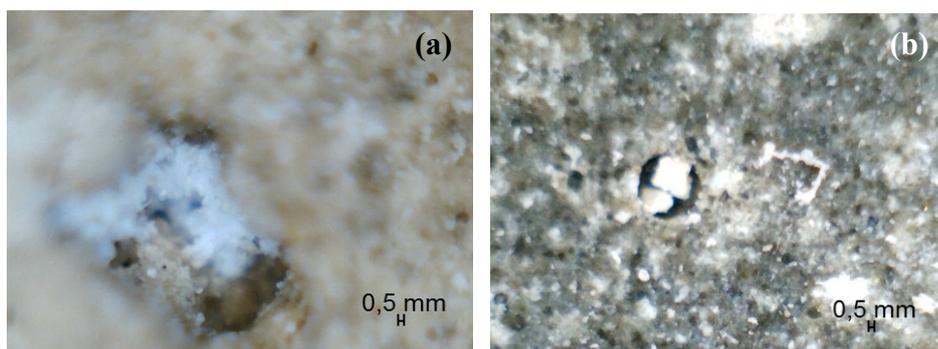


Figura 04 - Detalhe do EVA depositado dentro de um póro, amostra Rcom (a) e amostra Rpro (b).

Fonte: elaborado pelos autores.

Alguns autores defendem que, além da interação física entre os polímeros e o cimento em hidratação, ocorre também uma interação química, resultando na formação de compostos complexos e na modificação da morfologia das fases (WAGNER, GRENLEY, 1978; SU, 1991; OHAMA, 1998). A distinta interação entre os dois grupos de amostras, Rcom e Rpro, pode se dar pela maior quantidade de cimento presente no grupo Rpro (OHAMA, 1998), bem como pela interferência de outros aditivos (desconhecidos) presentes na matriz do grupo Rcom.

3.3 Análise de retenção de água

Os resultados obtidos no ensaio de permeabilidade para cada uma das argamassas de rejuntamento ensaiadas, grupos Rcom e Rpro, são demonstrados na figura 06, onde é apresentado o gráfico comparativo entre as amostras.

De acordo com os resultados de permeabilidade, observa-se uma redução dos valores de permeabilidade d'água nas amostras do grupo Rcom modificadas com o EVA. Enquanto a amostra sem EVA apresentou índices elevados e constantes de permeabilidade, as amostras incorporadas com EVA não apenas apresentaram baixos índices finais de permeabilidade, como também demonstraram que esta tende a diminuir com o passar do tempo. Destaca-se a redução na permeabilidade da amostra com maior teor de EVA quando comparada à sua amostra de referência, sem EVA.

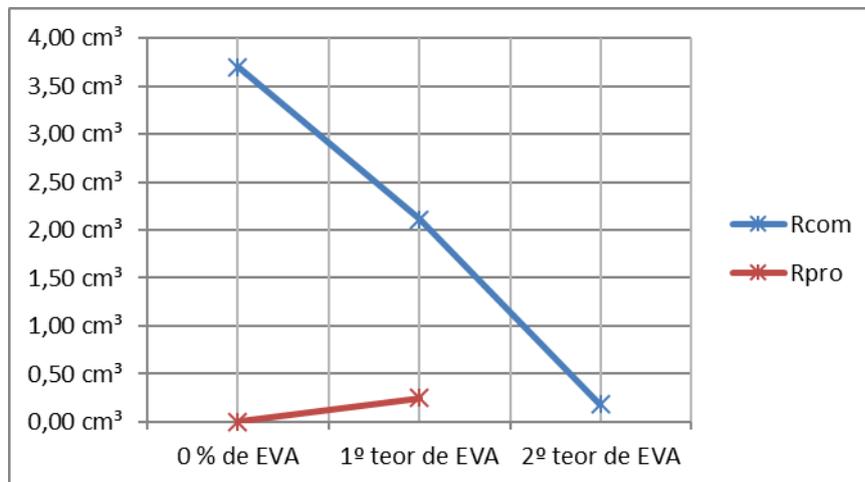


Figura 06 - Ensaio de permeabilidade aos 240 minutos das argamassas de rejuntamento com adição de diferentes teores de EVA. Fonte: elaborado pelos autores.

As amostras do grupo Rpro demonstraram baixos índices de permeabilidade podendo ser atribuída à baixa porosidade das amostras do grupo Rpro, dificultando a permeação da água.

As amostras do grupo Rcom demonstraram maior permeabilidade devido à sua porosidade mais elevada, identificada na análise morfológica. Verifica-se que o EVA colabora para a diminuição da densidade e da área desses póros (bolhas), conferindo uma menor permeabilidade às amostras que contam com o copolímero em sua composição. No teor máximo de incorporação a amostra Rcom alcançou o índice de permeabilidade mais próximo ao grupo Rpro, de porosidade notadamente inferior.

Goldberg (1998), Ferreira (2001), Fowler (1999) e Junginger (2003) indicam que matrizes cimentícias com modificações poliméricas tendem a índices inferiores de permeabilidade, conferindo a estes compósitos maior integridade e durabilidade final do sistema.

3.4 Resistência a agentes químicos

Após ciclos regulares de aplicação de agente químico comercial, a aparência final das amostras dos grupos Rcom, Rpro e Rref pode ser observada respectivamente nas figuras 07, 08 e 09.



Figura 07 - Aspecto da superfície após aplicações regulares de agente químico, amostra Rcom sem EVA (a); Rcom contendo o 1º teor de EVA (b); Rcom contendo o 2º teor de EVA (c). Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 08 - Aspecto da superfície após aplicações regulares de agente químico, amostra Rpro sem EVA (a); Rpro contendo o 1º teor de EVA (b); Rpro contendo o 2º teor de EVA (c). Fonte: elaborado pelos autores.

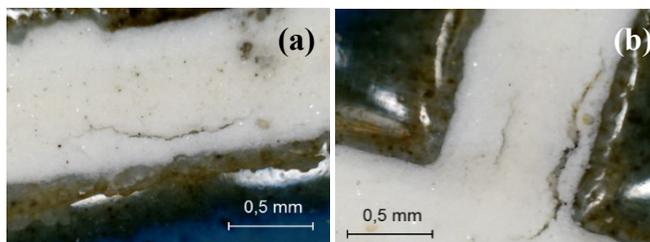


Figura 09 - Aspecto da superfície da amostra Rref após ciclo de aplicações regulares de agente químico, demonstrando fissuras em diversos pontos (a) e (b). Fonte: elaborado pelos autores.

De acordo com a análise visual das amostras do grupo Rcom, verifica-se que as amostras não apresentaram alterações significativas com a aplicação cíclica do agente químico, destaca-se que as partículas de EVA, indicadas pelas setas, não aparentam sofrer alterações com a agressão química.

Ao analisar de forma visual as amostras do grupo Rpro, verificou-se que o modelo rejuntado com o traço sem EVA apresenta pequenos sulcos, aparentemente preenchidos com a nata de cimento. A modificação da argamassa com o EVA tende a apresentar uma redução da incidência destes sulcos, condição que pode ser atribuída à capacidade de retenção de água conferida pelo polímero (EVA). De forma similar ao observado nas amostras do grupo Rcom, as amostras pertencentes ao grupo Rpro não apresentaram alterações em sua estrutura física após a ação química.

Ao avaliar, também de forma visual, a amostra rejuntada com o rejunte acrílico, adotado como rejunte superior e de referência, Rref, constatou-se após os ciclos de exposição ao produto químico, que o mesmo apresentou fissuras em sua estrutura, dispersas de forma randômica, e com dimensões e formas variadas. Observa-se que além da extensão, as fissuras são abertas, indicando que mediante a incidência de água, seriam um ponto de percolação para outras camadas do revestimento.

Ribeiro e Barros (2010) enfatizam que a resistência a agentes químicos é um dos pilares que define a durabilidade das argamassas de rejuntamento. Hipolito, Hipolito e Lopes (2013) ressaltam que as propriedades dos polímeros são sensíveis aos agentes químicos cotidianos, sendo necessário o conhecimento das características da argamassa aplicada para que o desempenho final possa ser assegurado. Tal qual foi observado na

amostra Rref, tida como referência em desempenho, porém, mediante a incompatibilidade dos agentes aplicados, apresentou o pior desempenho.

3.5 Ensaio à variação térmica

De acordo com os resultados de variação térmica, avaliados de forma visual, foi constatado que as amostras do grupo Rpro não apresentaram alterações significativas (figura 10), apenas a aparente redução da quantidade de água retida, denotada pela colocação mais clara do rejunte ao fim do ensaio, esta reação, porém era esperada para todas as amostras.

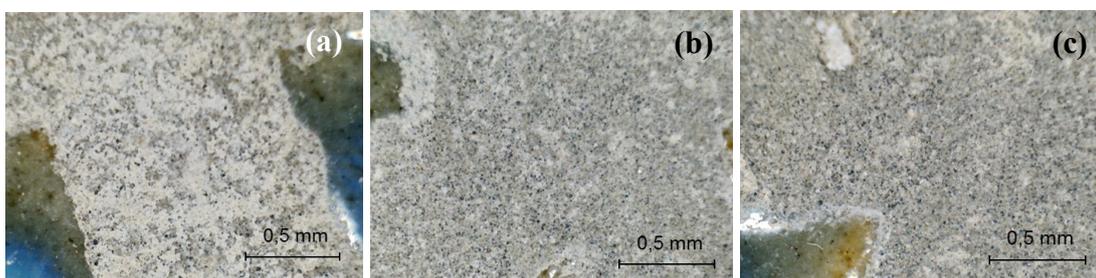


Figura 10 - Aspecto da superfície após exposição à variação térmica, amostra Rpro sem EVA (a); Rpro contendo o 1º teor de EVA (b); Rpro contendo o 2º teor de EVA (c). Fonte: elaborado pelos autores

Ao avaliar, de forma visual, as amostras do grupo Rcom, verificou-se ressecamento e alguns pontos de perda de volume. O ressecamento das amostras já era esperado, devido à base comercial possuir diferentes aditivos em sua formulação. A perda de volume foi mais expressiva na amostra sem EVA (figura 11a). As amostras com o 1º teor de EVA (figura 11b) e com o 2º teor de EVA (figura 11c) exibiram comportamento similar, porém em menor escala.



Figura 11 - Aspecto da superfície após exposição à variação térmica, amostra Rcom sem EVA (a); Rcom contendo o 1º teor de EVA (b); Rcom contendo o 2º teor de EVA (c). Fonte: elaborado pelos autores

O traço Rref, tido como referência comercial em desempenho, sofreu as maiores alterações frente ao gradiente térmico, manifestando variação de volume e princípio de fissuração (figura 12).

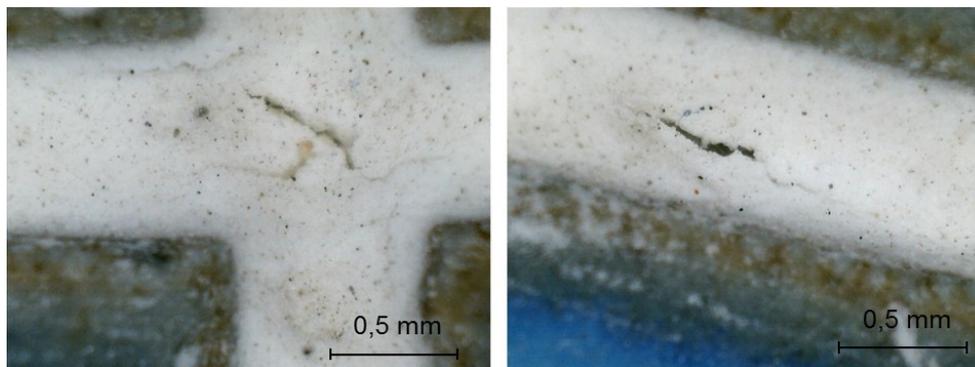


Figura 12 - Aspecto da superfície após exposição à variação térmica, amostra Rref. Fonte: elaborado pelos autores

Frente às ações aplicadas, observa-se que os rejuntas do grupo Rpro obtiveram melhores resultados, em correspondência com os valores de resistência mecânica obtidos nos ensaios anteriores (tração e compressão).

Concretos e argamassas poliméricos tendem a apresentar melhor desempenho térmico (GARLET, 1998), o que pôde ser observado nas amostras do grupo Rcom, onde a sensibilidade ao gradiente térmico foi menos expressiva na presença do EVA. Apesar de a literatura indicar que os rejuntas de base orgânica, como o Rref, serem mais resistentes a variações de temperatura (JUNGINGER, 2003), diante das mesmas condições experimentais, o rejunte acrílico apresentou desempenho inferior aos rejuntas de base cimentícia.

4. Conclusões

O presente estudo indica a viabilidade do aproveitamento do resíduo polimérico em argamassas de rejuntamento, reduzindo o impacto ambiental causado por este quando incorretamente descartado. Foi possível constatar um desempenho adequado das argamassas de rejuntamento modificadas com EVA, em especial os traços produzidos *in loco*, onde o resultado obtido no ensaio de permeabilidade apresentou performance superior quando comparados aos traços comerciais.

Foi observada a necessidade de elaboração de ensaios adicionais, não previstos em norma (NBR 14992, ABNT:2003), uma vez que rejuntas tidos como referência em qualidade apresentaram desempenho inferior aos demais rejuntas confeccionados frente às solicitações aplicadas nos modelos sistemáticos experimentais. Através destes mesmos ensaios foi possível fazer uma simulação das ações sofridas pela argamassa de rejuntamento aplicada ao sistema cerâmico, onde esta encontra-se sujeita à gradientes térmicos e à ação de agentes químicos, mensurando as solicitações a que ela está sujeita após aplicação.

Referências

ANTUNES, Giselle Reis. **Estudo de manifestações patológicas em revestimentos de fachada em Brasília** – sistematização da incidência de casos. 2010. 199 f. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14992**: Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas - requisitos e métodos de ensaios – projeto. Rio de Janeiro, 2003.

CANEVAROLO, Sebastião V. Jr. **Ciência dos polímeros** – Um texto básico para tecnólogos e engenheiros. São Paulo: Artliber Editora, 2002.

FERREIRA, A. J. M. **Introdução aos betões e argamassas poliméricas**. 2001. 17 f. Apontamentos para a Disciplina de Novos Materiais. Mestrado de Estruturas em Engenharia Civil da FEUP.

FOWLER, D.W. **Polymers in concrete**: a vision for the 21st century. Cement & Concrete Composites, Austin, v. 21, 449-452, 1999.

GALLETO, Adriana; ANDRELLO, José Mario. Patologia em fachadas com revetimento cerâmico. In: IX Congresso Internacional sobre Patologia e Recuperação de Estruturas, 2013, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: 2013.

GARLET, Givanildo. **Aproveitamento de resíduos de E.V.A. (Ethylene Vinyl Acetate) como agregado para concreto leve na construção civil**. 1998. 162 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil – CPGEV, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

GOLDBERG, Richard P. **Direct adhered ceramic tile, stone and thin brick facades**. USA: Laticrete International, 1998.

HIPOLITO, Israel da Silva; HIPOLITO, Rafael da Silva; LOPES, Gean de Almeida. Polímeros na construção civil. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2013, Resende. **Anais...** Resende: 2013.

JUNGINGER, Max. **Rejuntamento de revestimentos cerâmicos**: influência das juntas de assentamento na estabilidade de painéis. 2003. 154 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia - Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 2003.

OHAMA, Y. Polymer-based admixtures. **Cement and Concret Composites**, Oxford, v. 20, p. 189-212, 1998.

RIBEIRO, Fabiana; BARROS, Mércia. **Juntas de Movimentação em Revestimentos Cerâmicos de Fachadas**. São Paulo: PINI, 2010.

SILVA, Denise Antunes da; CINCOTTO, Maria Alba; ROMAN, Humberto Ramos. Morphological characterization of hydrates in polimer-modified cement pastes. **Revista de Ciência e Tecnologia de Materiais de Construção Civil / e-Mat**, v.2, n. 1, p. 64-77, maio 2005.

SILVA, Denise Antunes da; ROMAN, Humberto Ramos. Caracterização microestrutural de pastas de cimento aditivadas com polímeros HEV e EVA. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.2, n. 2, p. 31-46, abr./jun. 2002.

WAGNER, Herman B.; GRENLEY, Dallas G.. Interphase effects in polymer-modified hydraulic cements. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 22, p. 813-822, 1978.