

CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMA DE COLAGEM DUPLA-FACE PARA ASSENTAMENTO DE PLACAS DE REVESTIMENTO CERÂMICO: CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

Otávio L. do Nascimento⁽¹⁾; Alexandra A. P. Mansur⁽²⁾; Herman S. Mansur⁽³⁾

(1) Universidade Federal de Minas Gerais, e-mail: otavio@consultare.eng.br

(2) Universidade Federal de Minas Gerais, e-mail: aapiscitelli@uol.com.br

(3) Universidade Federal de Minas Gerais, e-mail: hmansur@demet.umf.br

Resumo

Atualmente, um novo produto está disponível no mercado, baseado em uma manta polimérica com adesivo em ambas as faces, para o assentamento de placas cerâmicas. No sentido de evitar falhas nos sistemas de revestimento cerâmico utilizando este sistema alternativo de colagem, este trabalho tem por objetivo apresentar a caracterização físico-química e microestrutural deste sistema inovador, bem como seu desempenho nas condições de uso, em comparação com o sistema tradicional baseado em argamassa modificada com polímeros. Foram realizados ensaios de caracterização na manta adesiva e avaliações para determinar a resistência de aderência à tração em três diferentes condições de cura (normal, estufa e submersa em água). De forma complementar, foi realizada análise do estado de tensões e deformações através de modelagem matemática pelo Método dos Elementos Finitos. Baseado nos resultados, este novo produto pode ser utilizado uma vez que as menores resistências medidas são compensadas pelos menores valores de tensões na interface, somando-se as vantagens associadas à produtividade e à sustentabilidade.

Palavras-chave: Assentamento, Placas cerâmicas, Resistência de aderência.

Abstract

There is in Brazilian market an innovative product of settlement of ceramic tiles. This product is based on a double face adhesive sheet. However, as it is a new product, without any Brazilian standard associated with, there is a concern about its use, mostly because the several pathologies observed when dry-set mortars were introduced in the market without standards related to product specifications, application, and bond strength limits. In this work, the main goal was to evaluate the performance and durability of the new system. In this sense, the physical-chemical characterization of this innovative ceramic tile installation product was carried out and pull-off tests were conducted in order to compare this new system to the traditional one with polymer modified mortar under different types of cure (laboratory, heat aging and water immersion). Besides that, both systems were modeled using Finite Element Method in order to obtain the stresses at the interface between tile and adhesive. Based on the results, the recommended limits of bond strength for the innovative method of ceramic tile installation could be lower than the specifications for mortar systems, compensating the drawback of the lower bond strengths measured, increasing productivity and sustainability.

Keywords: Settlement, Ceramic tiles, Bond strength.

1. INTRODUÇÃO

A modernização da construção civil é uma exigência da sociedade e uma demanda das construtoras para garantia da sobrevivência financeira, especialmente pelos ganhos de

produtividade e redução dos custos. Neste sentido, a implantação de inovações tecnológicas nos processos construtivos tradicionais é muito importante (ALMEIDA, 2010; SABBATINI, 1998).

As técnicas de assentamento direto de revestimentos cerâmicos não evoluíram juntamente com os novos sistemas construtivos industrializados (FISCHER, 2001), especialmente a construção seca, identificada nos painéis pré-fabricados, banheiros prontos, instalações hidráulicas flexíveis, sistemas elétricos e hidráulicos pré-embutidos, paredes de gesso acartonado, portas e janelas modulares, dentre outros. O assentamento de placas cerâmicas de revestimento permanece com processos convencionais baseados no cimento Portland. Não necessariamente os processos industrializados são mais baratos e apresentam menor dependência da mão de obra, mas podem reduzir os prazos de execução, além de apresentarem um apelo de sustentabilidade quando reduzem ou eliminam a utilização de materiais cimentícios, bem como o desperdício e retrabalho nos canteiros de obra (FISCHER, 2001; JOHN, 2003). Tradicionalmente, a fixação das placas cerâmicas ao substrato era realizada pelo método conhecido por assentamento em “camada espessa”. Este sistema é caracterizado pela utilização de uma espessa camada de argamassa para compensar a grande perda de água da massa para a base e para a cerâmica, por sucção, e para o meio ambiente por evaporação, de modo a garantir a presença de água suficiente para garantir a hidratação do cimento (FIORITO, 1993). Atualmente o assentamento das placas cerâmicas é baseado nas argamassas colantes que são produtos industrializados, no estado seco, compostos de cimento Portland, agregados minerais e aditivos químicos, que, quando misturados com água, formam pasta viscosa, plástica e aderente empregadas no assentamento de placas cerâmicas para revestimento” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998). Os aditivos químicos utilizados são, especialmente, o poli(etileno-co-acetado de vinila), EVA, e os éteres de celulose (MANSUR, 2007). A principal falha observada neste sistema de assentamento é o destacamento das placas cerâmicas ocasionado por assentamento inadequado, deficiência de mão de obra, especificação de produtos sem condições de desempenho e falta de projetos (MANSUR, 2007).

Na busca de sistemas de assentamento mais evoluídos e tecnologicamente modernos, um novo produto está disponível no mercado, baseado em uma manta polimérica com adesivo em ambas as faces para o assentamento de placas cerâmicas. No sentido de evitar falhas nos sistemas de revestimento cerâmico utilizando este novo produto, este trabalho tem por objetivo apresentar a caracterização físico-química e microestrutural deste sistema inovador, bem como seu desempenho nas condições de uso.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1. Seleção e caracterização de materiais

Foi selecionada a placa cerâmica com absorção de água 0% a 0,5% (grupo BIa), comercialmente denominado porcelanato, em função da dificuldade de colagem associada à baixa porosidade deste material e ao crescente número de produção e utilização deste tipo de material cerâmico como revestimento (MANSUR, 2007).

A argamassa colante tipo ACIII foi escolhida por se tratar de um produto destinado ao assentamento de porcelanatos, devido ao maior teor de EVA e demais aditivos (MANSUR, 2007).

A manta polimérica adesiva em estudo, fornecida em placas de dimensões 40 cm x 40 cm, foi caracterizada quanto à resistência à tração nas condições normal (conforme fornecida) e

envelhecida (60°C/72h) seguindo as recomendações das normas NBR 7462 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992) e NBR 9952 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), adaptadas para a situação em estudo. Os corpos-de-prova (n=6) foram ensaiados à tração direta na máquina universal de ensaios EMIC DL 3000 com velocidade de 50 mm/min. A densidade volumétrica do material foi obtida por meio da pesagem de 10 amostras da manta com dimensões de aproximadamente 50 mm x50 mm em balança analítica e obtenção de suas medidas em micrometro (Mitutoyo). A densidade volumétrica foi determinada pela razão entre a massa e o volume.

A análise de composição foi realizada através de difração de raios-X (XRD) e espectroscopia na região do infravermelho (FTIR). Os espectros de infravermelho foram obtidos na superfície do adesivo e no material do interior da manta, utilizando a técnica de reflectância atenuada (ATR) e 32 varreduras na faixa de número de onda entre 750 e 4000 cm^{-1} (IR-Affinity, Shimadzu). A difração de raios-X foi realizada no material constituinte da manta na faixa de 2θ compreendida entre 3 a 70° com passo de 0,06° (PW 1710, Philips, $\text{CuK}\alpha$, $\lambda = 1,54056 \text{ \AA}$). Microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia de energia de raios-X característicos (EDS) foram realizadas para a avaliação da morfologia do sistema e análise química elementar. Antes da análise, o material foi recoberto com ouro para tornar a amostra condutora.

2.2. Ensaios de desempenho

Os dois sistemas em análise, argamassa colante e manta adesiva dupla-face, foram caracterizados quanto ao desempenho a partir da metodologia da NBR 14081 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998). Os sistemas foram avaliados nas condições de cura listadas no Quadro 1. Em ambos os casos as placas cerâmicas foram assentadas sobre substratos-padrão.

Quadro 1 – Ensaios utilizados para a comparação dos sistemas de assentamento.

| Ensaio | Tipo de cura | Resumo do tratamento de cura |
|---------------------------------------|----------------|--|
| Resistência aderência à tração direta | Cura Normal | Cura em condições ambientais de laboratório: temperatura (23±2)°C e umidade 85 % |
| | Cura Submersa | Cura em condições de laboratório durante 07 dias e posterior cura submersa em tanques de água potável com temperatura de (23±2)°C durante 21 dias. |
| | Cura em Estufa | Cura em condições de laboratório durante 14 dias e posterior cura em estufa com temperatura de (70±2)°C por mais 14 dias. |

Após os períodos de cura, foi realizado o arrancamento das placas cerâmicas utilizando equipamento para determinação da resistência à tração direta com uma velocidade de carregamento uniforme de (250 ± 50) N/s. A análise da forma de ruptura foi realizada a partir da representação esquemática mostrada na Figura 1, inicialmente à vista desarmada. Posteriormente foram realizadas observações e análises da interface com auxílio do microscópio eletrônico de varredura (MEV).

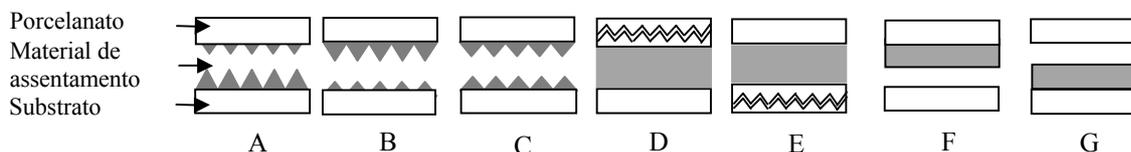


Figura 1– Formas de ruptura.

2.3. Modelagem dos sistemas de assentamento através do método dos elementos finitos

Para esta análise, considerou-se um modelo reduzido consistindo de cinco azulejos de 10 cm x 10 cm com 5 mm de espessura nas direções x e y (Figura 2). Foram modelados os dois sistemas de assentamento em estudo, com espessuras de 5 mm e 3 mm para a argamassa colante e a manta polimérica, respectivamente. O substrato utilizado foi uma laje de concreto com 25 mm de espessura. Juntas de assentamento de 5 mm preenchidas com argamassa de rejuntamento e juntas de movimentação perimetrais (juntas de dessolidarização) foram introduzidas no modelo. Todas as propriedades relevantes (densidade, resistência à tração, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson) para a cerâmica, a argamassa colante e o concreto foram obtidas na literatura e para a manta polimérica adesiva as propriedades mecânicas foram determinadas na etapa de caracterização do material. Os valores de tensão-deformação foram obtidos submetendo os modelos a uma diferença de temperatura de 40°C. As tensões e deformações foram calculadas nas três seções indicadas na Figura 2.

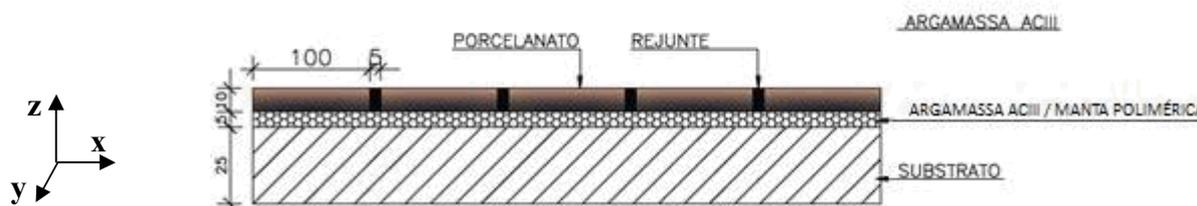


Figura 2 – Representação esquemática do sistema cerâmico sob avaliação mostrando as três seções (A, B e C) seleccionadas para avaliar as tensões sob esforço térmico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Caracterização da manta

A densidade volumétrica média do material foi calculada como sendo (224 ± 1) kg/m³. A Tabela 1 apresenta os resultados das propriedades mecânicas. Observa-se que não houve alteração significativa nas propriedades de resistência à tração e deformação devido ao envelhecimento. No entanto, o módulo de elasticidade revelou um enrijecimento da manta após o tratamento térmico.

Tabela 1 - Resultados de tensão, alongamento e módulo de elasticidade para a manta em estudo.

| Ensaio | Normal | Envelhecida | Varição envelhecida/ normal |
|------------------------------|-----------|-------------|-----------------------------|
| Tensão de Ruptura (MPa) | 0,72±0,15 | 0,83±0,12 | + 15% |
| Alongamento (%) | 91±35 | 121±30 | + 33% |
| Módulo de Elasticidade (MPa) | 2,9±0,3 | 3,3±0,3 | + 14% |

O difratograma obtido para o material (Figura 3) em comparação com as fichas do ICDD (International Centre for Diffraction Data) indicou a presença de picos associados ao polietileno (PE) semicristalino e à presença de calcita (CaCO_3), dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) e feldspatos ($(\text{Na.K})\text{AlSi}_2\text{O}_3$, $\text{CaAl}_2\text{SiO}_3$), provavelmente utilizados como cargas no polímero.

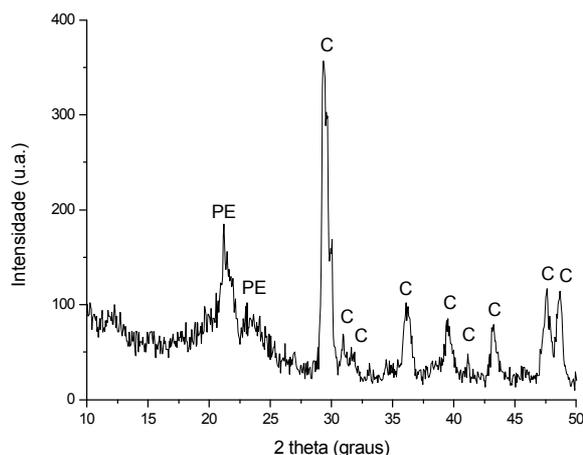


Figura 3– Difratograma característico da manta em estudo (PE = polietileno e C = cargas).

Os espectros de infravermelho obtidos para a manta e para o adesivo estão mostrados nas Figuras 4(a) e 4(b), respectivamente. No espectro da manta identificam-se picos em 2917 e 2855 cm^{-1} relativos ao $\nu(\text{C-H})$ e na região de $1470\text{-}1430\text{ cm}^{-1}$ associado ao $\delta(\text{C-H})$, características do polietileno. Esta última região se encontra sobreposta com a faixa característica dos carbonatos ($1470\text{-}1420\text{ cm}^{-1}$) que também são identificados pela vibração em $870\text{-}850\text{ cm}^{-1}$ (VAN DER MAREL e BEUTELSPACHER, 1976). Bandas relativas aos feldspatos também foram verificadas (Si-O-Si na faixa de $1000\text{-}800\text{ cm}^{-1}$). No espectro do adesivo são identificados bandas de vibração associadas a polímeros acrílicos, a saber: carbonila, C=O , em $1740\text{-}1720\text{ cm}^{-1}$, grupos éster, C=O-OR , em $1455\text{-}1445\text{ cm}^{-1}$ e grupos éter, C-O-C , na faixa de 1150 a 1170 cm^{-1} . A estas bandas somam-se as vibrações associadas ao estiramento dos grupos -C-H na região de $3000\text{-}2800\text{ cm}^{-1}$ (SCHOSSLER, 2001; VAN DER MAREL e BEUTELSPACHER, 1976).

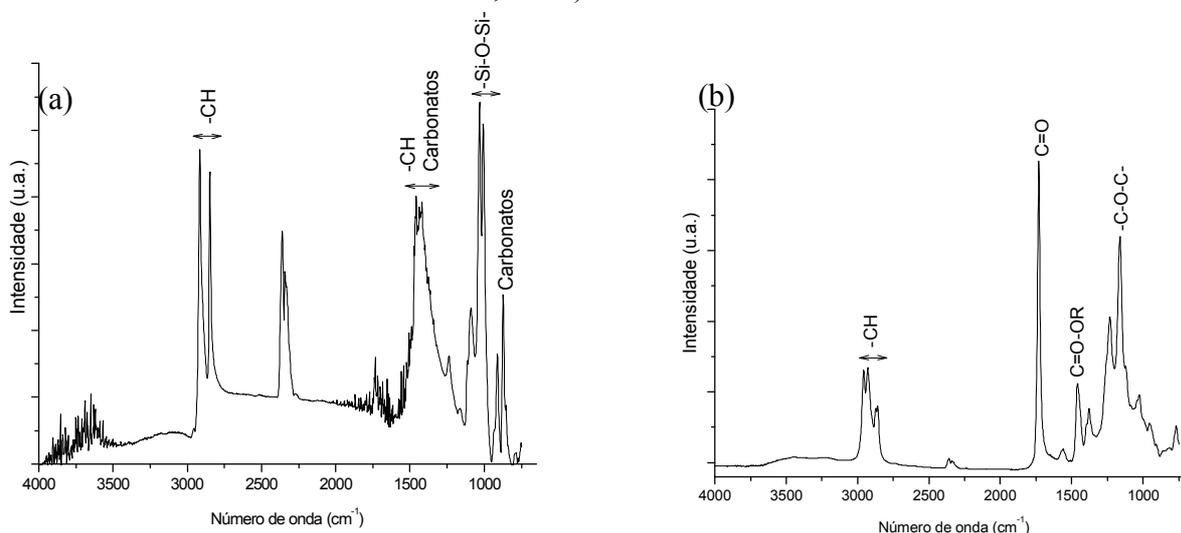


Figura 4– Espectros de FTIR obtidos para a manta (a) e para o adesivo (b).

A imagem de MEV e os espectros de EDS obtidos a partir de seção transversal da manta estão apresentados na Figura 5. Pode-se observar que região central da manta apresenta estrutura celular (Figura 5(b)) justificando a baixa resistência à tração medida. O espectro de EDS desta região (Figura 5(a)) indica a presença dos elementos químicos constituintes do polietileno, além dos característicos das cargas (Al, Si, Na, K, Ca e Mg). A região da superfície da manta, que contém o adesivo, revela especificamente a presença do carbono (Figura 5(c)). Em ambos os espectros foi detectada a ocorrência de enxofre (S) que pode ser associada à vulcanização do material.

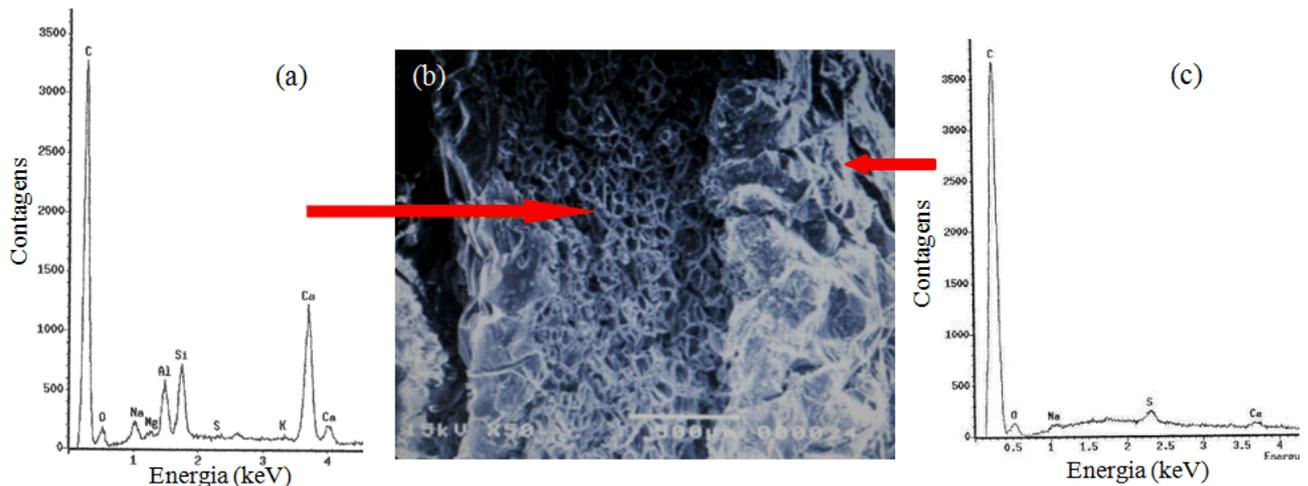


Figura 5 – Imagens de MEV da superfície do adesivo (a) e do interior da manta (b).

3.2. Resistência de aderência

Os resultados de resistência de aderência à tração revelaram que as resistências medidas para a manta polimérica adesiva foram menores do que as obtidas para a argamassa colante, independente da condição de cura (Figura 6). Somente para a cura submersa, o valor de resistência de aderência no assentamento com a manta polimérica foi superior ao 0,30 MPa, recomendado pela NBR 13755 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996) como requisito mínimo para cerâmicas assentadas em paredes. A forma de ruptura para a manta polimérica foi principalmente adesiva na interface placa cerâmica/adesivo (Forma G da Figura 1) (Tabela 4). Pode ser visto que os frisos na superfície da cerâmica, que são importantes para a aderência de argamassa, atuaram como barreiras evitando o contato completo entre a cerâmica e a manta polimérica adesiva (Figura 7).

A Figura 8 mostra a forma de ruptura típica obtida para a manta adesivada na condição de cura normal. Imagem de microscopia obtida na região de ruptura coesiva no interior da manta revela que ela ocorreu ao longo dos alvéolos característicos do interior do material, em função da menor resistência que ocorre pela redução da seção transversal. A imagem de microscopia eletrônica verificada para a forma de ruptura A da cura em estufa (Figura 9(a)) mostrou que o adesivo fluíu durante o processo, uma vez que se identificou (com auxílio do espectro de EDS) que o adesivo penetrou no engobe protetor do verso da placa de revestimento. Sob cura por imersão, foi detectada a redispersão do adesivo promovendo um espalhamento mais uniforme desta camada de colagem no verso da placa cerâmica (Figura 9(b)). O resultado foi um aumento do valor da resistência de aderência, apesar da forma de ruptura ser completamente adesiva na interface (Forma G). É importante observar que durante os

processos de cura em alta temperatura ou submersa, devido ao amolecimento e à redispersão (detalhes 1 e 2 na Figura 9), a aderência é praticamente nula, mas é recuperada após a remoção do agente externo (temperatura ou água).

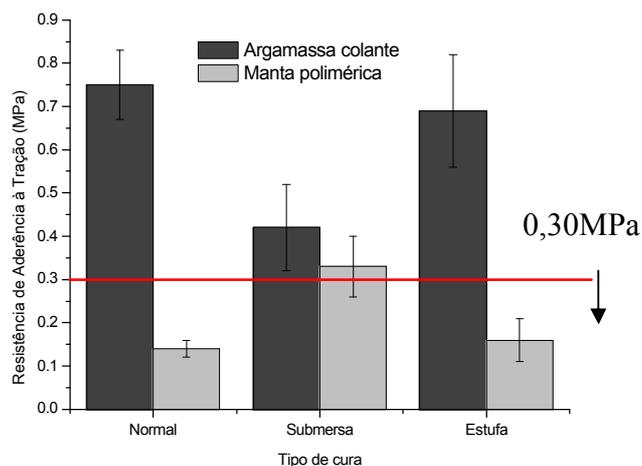


Figura 6– Resultados de resistência de aderência à tração nas diferentes condições de cura.

Tabela 1 – Análise da forma de ruptura obtidos nos ensaios de tração direta.

| Amostra | Predominância do tipo de ruptura | | |
|---------------|----------------------------------|----------------|----------------|
| | Cura Normal | Cura Submersa | Cura em Estufa |
| ACIII | 30% coesiva A | 80% adesiva G | 60% coesiva A |
| | 70% coesiva C | 20% coesiva B | 40% coesiva C |
| Manta adesiva | 15% coesiva A | 100% adesiva G | 30% coesiva A |
| | 85% adesiva G | | 70% adesiva G |



Figura 7– Detalhe de sulcos na superfície da cerâmica atuando como barreiras evitando contato total entre o verso da cerâmica e a manta adesiva.

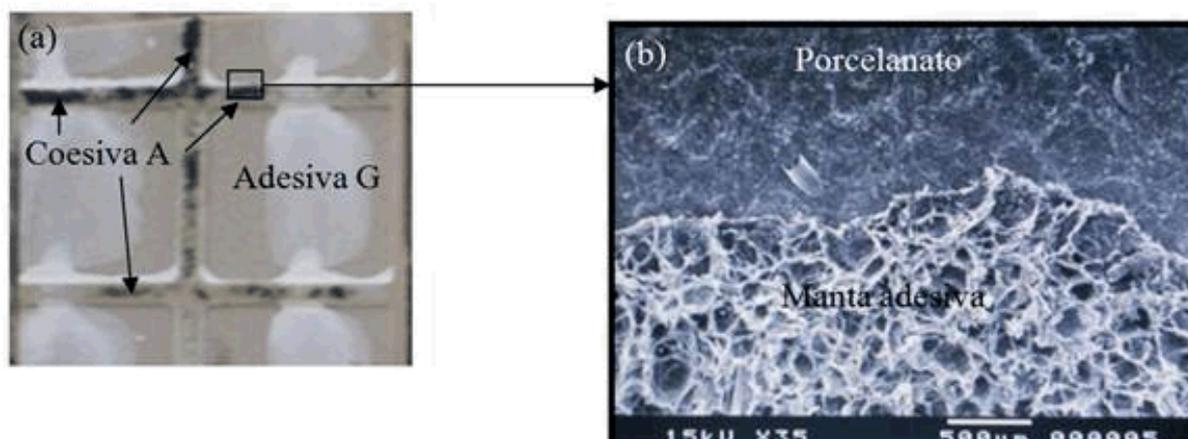


Figura 8 – Formas de ruptura verificada para a cura normal à vista desarmada (a) e através de MEV (b)

Figura 9 – (a) Imagem da superfície de ruptura da placa cerâmica na região da Forma A (vista pelo lado da cerâmica) após cura em estufa. (b) Imagem da seção transversal na condição de cura submersa. Detalhes: (1) amolecimento e (2) redispersão do adesivo.

3.3. Modelo matemático pelo método dos elementos finitos

Os resultados dos estados de tensão/deformação sob o efeito de variação de temperatura revelaram que as tensões de cisalhamento na interface de cerâmica / sistema de assentamento diminuíram significativamente quando manta adesiva foi usada no lugar da argamassa colante devido ao menor módulo de elasticidade da manta polimérica (Figura 10). Estes resultados indicam que os limites de resistência a serem especificados para este sistema inovador de assentamento podem ser inferiores aos definidos para as argamassas colantes, em consonância com os menores valores de resistência de aderência medidos.

4. CONCLUSÕES

Baseado nos resultados, o uso deste novo produto deve ser avaliado em cada caso, considerando as condições ambientais às quais ele estará submetido. Temperaturas elevadas e umidade constante devem ser evitadas. Em ambientes internos sem contato direto com água, o

desempenho do produto é satisfatório, com menor desenvolvimento de tensões na interface, e com as vantagens associadas à produtividade e à sustentabilidade como, por exemplo, a característica de construção seca e a redução do consumo de materiais cimentícios e agregados.

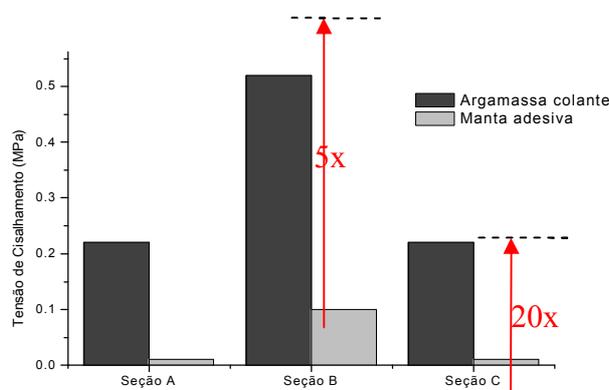


Figura 9 – Tensões de cisalhamento nas seções sob avaliação.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA, M.C. **Fachadas com painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto (PPAC) e de alvenaria de blocos cerâmicos com revestimento de pastilha**: comparativo dos processos de execução. 2010. 80 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14081**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas: especificação. Rio de Janeiro, 1998. 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9952**: Manta asfáltica para impermeabilização. Rio de Janeiro, 2007. 31p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13755**: Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante: procedimento. Rio de Janeiro, 1996. 11p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7462**: Elastômero vulcanizado - Determinação da resistência à tração. Rio de Janeiro, 1992. 5p.

MANSUR, A.A.P. **Mecanismos Físico-Químicos de Aderência na Interface Argamassa Modificada com Polímeros/Cerâmica de Revestimento**. 2007. 323 f. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e Minas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

FIORITO, A.J.S.I. **Manual de Argamassas e Revestimento**: estudos e procedimentos de execução. São Paulo Pini, 1994.

FISCHER, N. Industrialização máxima. **Téchne**, São Paulo, n. 53, p. 66-73, ago. 2001.

JOHN, V.M. On the sustainability of concrete. **UNEP Industry and Environment**, Paris, v. 26, n. 2-3, p. 62-63, abr. 2003.

SABBATINI, F.H. A industrialização e o processo de produção de vedações: utopia ou elemento de competitividade empresarial? In: Seminário de Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais, 1., 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo:USP, 1998. P1-20..

SCHOSSLER, P. **Caracterização química de materiais pictóricos artísticos**: acrílicos e vinílicos. 2001. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

VAN DER MAREL, H.W.; BEUTELSPACHER, H. **Atlas of infrared spectroscopy of clay minerals and their admixtures**. Amsterdam: Elsevier, 1976.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao suporte financeiro dos órgãos de fomento CAPES/PROEX, CNPq e FAPEMIG.