Utilização do Ensaio de Resistência à Tração na Flexão para Avaliação da Aderência de Argamassas de Reparo Estrutural



Vitor Lorival Kudlanvec Junior[1,2]; Marienne Do Rocio De Mello Maron Da Costa[1]; Gabriel Takaki Rieke[1]

[1] Universidade Federal do Paraná; [2] Faculdade Educacional de Araucária - Bacacheri

RESUMO

Estruturas de concreto armado são as de utilização mais comum em construções brasileiras. Apesar de este modelo estrutural apresentar boa durabilidade, intempéries ambientais, falhas construtivas e erros de projeto deixam o concreto suscetível ao aparecimento de manifestações patológicas de diversas características. Um material largamente utilizado na recuperação de estruturas de concreto é a argamassa de reparo, que deve possuir propriedades que aproxime seu comportamento o máximo possível do material a ser reparado. Este trabalho avaliou a utilização do ensaio de resistência à tração na flexão descrito na norma brasileira NBR 13279:2005 para análise da resistência de aderência de argamassas de reparo industrializadas em um substrato de concreto genérico de resistência característica de 25 MPa. O ensaio consistiu na moldagem de corpos de prova prismáticos de 40x40x160 milímetros, sendo estes corpos divididos em seu comprimento: metade com substrato de concreto endurecido e a outra metade preenchida com o material de reparo, sendo então submetidos à ruptura em 24 horas, 7 e 28 dias. Os resultados obtidos no ensaio de tração na flexão deixaram claro o ganho de resistência de aderência com o passar da idade e estes também se mostraram bastante coerentes, tornando viável a utilização deste ensaio para avaliação da resistência de aderência entre matrizes cimentícias.

Palavras chave: Argamassas de reparo, reparo estrutural, resistência de aderência.

ABSTRACT

Reinforced concrete structures are the most commonly used in Brazilian buildings. Despite of the good durability properties of this structural model, environmental weather, construction flaws and design errors make the concrete susceptible to the appearance of various features of pathological manifestations. A material widely used to recover concrete structures is repair mortar, which must have properties approximating their behavior as much as possible the material to be repaired. This study evaluated the using of flexural tensile strength test described in the Brazilian standard test NBR 13279:2005 to evaluate the bond strength between industrialized repair mortars and generic concrete substrate with characteristic strength of 25 MPa. The test consisted in forming prismatic specimens of 40x40x160 millimeters divided in their length: one half with hardened concrete substrate and the other one filled with the repair material, being subjected to rupture in 24 hours, 7 and 28 days. The test results made it clear adhesive strength gain over the age and these also showed very consistent, making viable the use of this test to evaluate the adhesion strength between cement matrix.

Key Words: Repair mortars, structural repairs, adherence test.

1. INTRODUÇÃO

O concreto de cimento Portland é definitivamente o material mais utilizado para execução de estruturas no Brasil, devido a fatores econômicos, executivos e de durabilidade. Sua matéria prima tem o custo mais baixo que o aço, além de que sua execução em obra não exige mão de obra de grande especialização, um problema comum no país. Embora o concreto possa ser considerado praticamente eterno, desde que tenha manutenção adequada, está sujeito a apresentar manifestações patológicas de intensidade e incidência significativas, prejudicando aspectos estéticos e sua capacidade resistente (HELENE, 1992). A preocupação com a durabilidade das estruturas é inerente em várias esferas. Estima-se que a liberação de CO2 oriunda da produção de cimento Portland no planeta corresponda a 7% da sua carga total (SILVA, 2008). A execução de estruturas duráveis ou a obtenção de meios que permitam a recuperação das estruturas danificadas evita a substituição total destas estruturas a curto e médio prazo, o que deve gerar um alívio no consumo do cimento e na emissão de poluentes.

Dentro da escolha de uma argamassa de reparo existem requisitos de desempenho que devem ser obedecidos ou pelo menos considerados, tais como: a autenticidade, a reversibilidade, compatibilidade, retração, função, tecnologia e durabilidade (SCHUEREMANS et al, 2011). Dentre estes requisitos, a compatibilidade é o que envolve o comportamento de funcionamento entre o reparo e a superfície a ser reparada, e que o material de reparo introduzido não vai trazer consequências negativas à construção original no futuro (VAN BALEN et al, 2005).

Aderência é um dos fatores de compatibilidade a serem estudados para um reparo ter sucesso, e, para se avaliar aderência entre reparo e substrato, deve-se levar em conta os seguintes fatores: simulação de local, exposição às condições ambientais, indução a esforços típicos da estrutura em serviço, avaliação da validade dos resultados para a estrutura real, sensibilidade para análise das variações de resultados e possibilidade de reprodução em estruturas reais (AUSTIN, ROBINS E PAN, 1995). Este trabalho propõe avaliar a resistência de aderência entre substrato de concreto e argamassa de reparo através de ensaio de tração à flexão análogo ao procedimento determinado pela NBR 13279 (ABNT, 2005) para argamassas de revestimento.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo compreende realizar o ensaio de tração à flexão em corpos de prova prismáticos (40 mm x 40 mm x 160 mm) de acordo com a norma NBR 13279, porém modificando o corpo de prova. Estes serão moldados de forma a criar uma superfície de

contato entre o material de reparo e um substrato de concreto genérico (figura 1). Este modelo de ensaio é baseado nos trabalhos de ALLICHE e MALLAT (2011) e YUNPENG et al (2014). A resistência à tração da argamassa representa o máximo valor que a resistência de aderência pode atingir (ANTUNES, 2005). Neste caso, a resistência a ser avaliada é a de aderência entre o substrato e o reparo em um caso onde haja necessidade de recuperar um elemento estrutural submetido à tração.

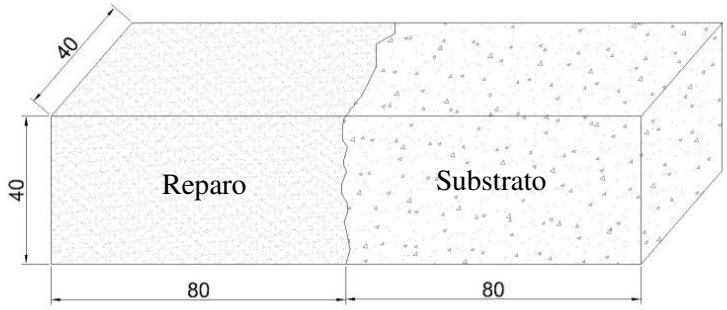

FIGURA 1: MODELO DE CORPO DE PROVA PARA AVALIAÇÃO DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO.
FONTE: O AUTOR, 2017

Foram analisadas cinco argamassas de reparo industrializadas específicas para reparos pontuais em estruturas de concreto armada comercializadas em Curitiba/PR cujas características estão apresentadas no quadro 1. O substrato de concreto genérico foi dosado com traço em massa de 1 : 2,17 : 2,94, com relação água/cimento de 0,60 e teor de argamassa de 51%, obtendo resistência característica de 25 MPa aos 28 dias. Na figura 2 observa-se o corpo de prova moldado e o substrato isolado.



FIGURA 2: CORPO DE PROVA PRISMÁTICO PARA ENSAIO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO.
FONTE: O AUTOR, 2017

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS DAS ARGAMASSAS DE REPARO ESTUDADAS

Argamassa	Relação líquido/pó	Dens. est. fresco (g/cm³)	Ar incorporado (%)	Resistência à tração (MPa)			Resistência à compressão (MPa)		
				1	7	28	1	7	28
AI-1	0,1450	2,19	1,2	5,6	11,1	12,5	31,6	51,5	60,7
AI-2	0,1625	2,14	1,1	5,0	8,5	9,7	23,7	52,1	56,6
AI-3	0,1248	1,94	10,8	2,6	3,8	2,8	9,9	11,7	14,6
AI-4	0,1300	2,08	8,2	1,4	6,7	8,5	4,0	38,3	42,1
AI-5	0,1470	1,92	14,7	-	7,0	7,8	-	27,1	30,2

FONTE: IBGE (1991)

As argamassas AI-1, AI-2, AI-4 e AI-5 são voltadas para reparos pontuais genéricos, de até 100 milímetros de espessura e de necessidade de alta resistência, enquanto a argamassa AI-3 é indicada para reparos superficiais de espessura limitada a 40 milímetros e de pouca responsabilidade estrutural.

A superfície de contato do substrato é o resultado natural da ruptura de um corpo de prova de concreto de 160 milímetros de comprimento, cujo ponto de ruptura foi induzido mecanicamente com esmeril antes de ser submetido à prensa. A ponte de aderência foi feita através de molhamento da superfície do substrato, conforme indicado pelos fabricantes, levando em conta o controle de umidade para evitar fragilização da zona de transição por relação água/cimento muito elevada no local (ZHOU, YE e BREUGEL, 2016).

A avaliação da evolução da resistência de aderência à tração na flexão foi feita através de ensaios em diferentes idades: 24 horas, 7 dias e 28 dias. O resultado da tensão de ruptura do ensaio é a tensão limite de resistência de aderência.

3. RESULTADOS E DISCUSSÂO

Na figura 3 pode-se observar a característica geral dos corpos de prova após o processo de ruptura por tração na flexão. Nota-se que com o passar da idade há aumento de material do substrato preso no material do reparo, resultado de forças de ligação químicas e físicas que acabam se tornando mais fortes que a própria resistência à tração do substrato. Este processo de formação de ligações na zona de transição e sua influência a aderência não são bem compreendidos, uma vez que a abordagem tem sido feita de maneira independente para concretos e argamassas, considerando nesses casos substratos com características de sucção e materiais de naturezas distintas (COSTA, 2014).

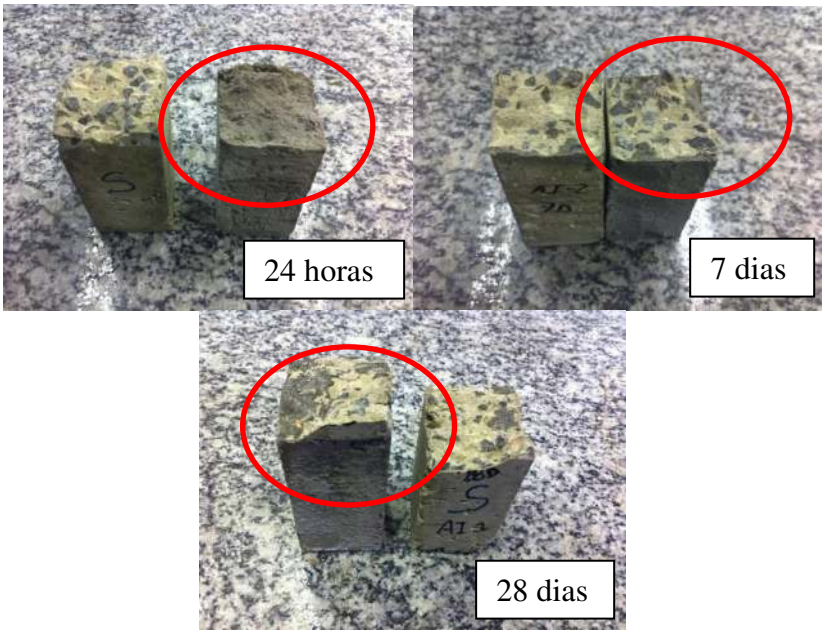

FIGURA 3: CORPO DE PROVA PRISMÁTICO PARA ENSAIO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO.
FONTE: O AUTOR, 2017

Na figura 4 observa-se a evolução da resistência de aderência à tração na flexão ao longo das diferentes idades ensaiadas. Os resultados observados mostram boa coerência de ganho de resistência de aderência conforme as reações químicas acontecem no material de reparo. Os maiores erros entre amostras aparecem nas maiores idades, conforme observa-se na figura 4. Pode-se explicar este fenômeno devido ao fato de que com o ganho de resistência com a idade, a interação com o substrato aumenta, incluindo esta variável no resultado, mesmo que pouco significativamente.

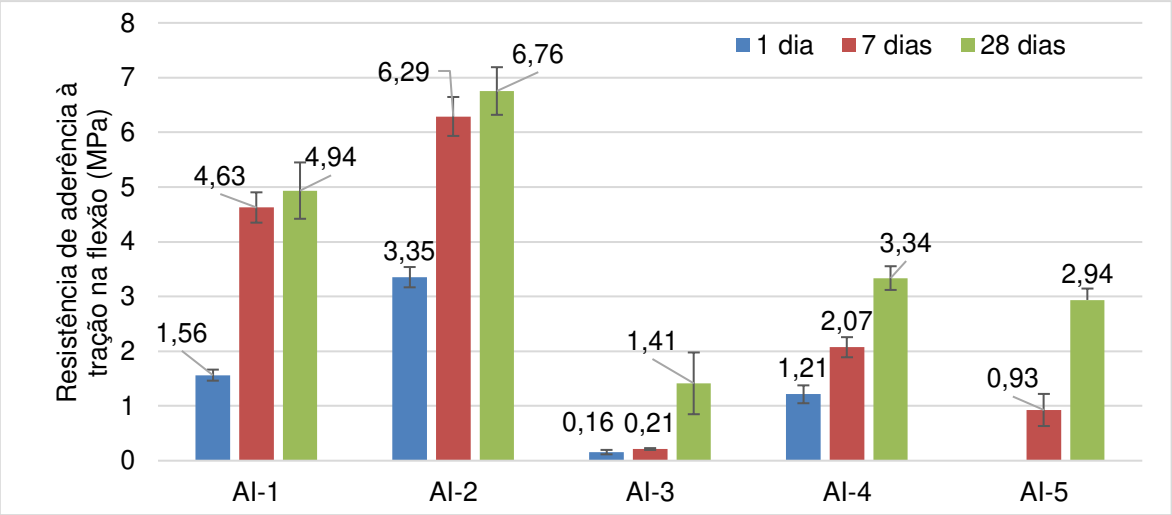

FIGURA 4: EVOLUÇÃO DO GANHO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA EM RELAÇÃO À IDADE.
FONTE: O AUTOR, 2017

Na figura 5 observa-se a relação entre a resistência de tração na flexão do material de reparo e a resistência de aderência nesse mesmo ensaio. Nota-se que existe a tendência de correlação entre as grandezas, porém o fator de correlação R^2 é relativamente baixo. Isso significa que existem fatores intrínsecos ao material de reparo que alteram sua característica de resistência mecânica, porém não influenciam na resistência de aderência.

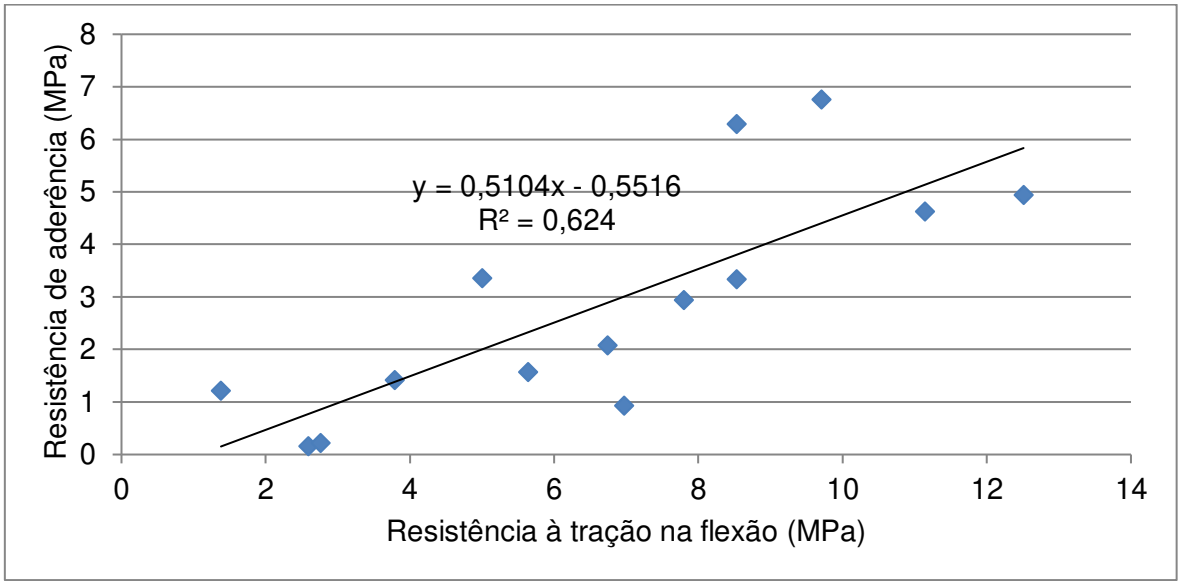

FIGURA 5: CORRELAÇÃO ENTRE A RESISTÊNCIA MECÂNICA À TRAÇÃO NA FLEXÃO E A RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A ESTE MESMO ESFORÇO.
FONTE: O AUTOR, 2017

4. CONCLUSÃO

A utilização do ensaio de tração à flexão proposto pela norma NBR 13279:2005 mostrou-se um método eficaz de avaliação de resistência de aderência de reparos de estruturas de concreto, apresentando resultados coerentes.

Existe tendência de correlação entre a resistência à tração na flexão de argamassas de reparo e a resistência de aderência entre reparo e substrato, porém há outros fatores relevantes que devem der estudados, como formulação, granulometria, comportamento reológico, entre outros.

As argamassas de reparo industrializadas estudadas neste trabalho atenderam bem as expectativas de resistência de aderência as quais devem ser submetidas nas estruturas reais, dependendo do seu uso. Estas, conforme interpretação da figura 4, aos sete dias já têm uma resistência muito próxima ao seu valor máximo, em especial as argamassas AI-1 e AI-2, as mais resistentes do conjunto. Isto deixa claro que estas argamassas de reparo industrializadas são materiais que permitem intervenção em tempo

reduzido nas estruturas, porém este ganho de resistência não é padrão para as marcas comercializadas, devendo-se sempre buscar as informações técnicas antes da aplicação.

5. REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos. Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

ALLICHE, A.; MALLAT, A.; ***Mechanical investigation of two fiber-reinforced repair mortars and the repaired system****. Construction and Building Materials*, v. 25, n. 4, p. 1587-1595, abr. 2011, ISSN 0950-0618.

ANTUNES, R. P. N., JOHN, V., PILEGGI, R. G. **Propriedades Reológicas de Argamassas Avaliada por Squeeze-Flow**. VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 2005.

AUSTIN, S; ROBINS, P; PAN, Y. ***Tensile bond testing of concrete repairs****. Materials and Structures*. v.28, n.5, p. 249-259, jun. 1995, ISSN 1359-5997.

COSTA, E.B.C., **Análise de parâmetros influentes na aderência de matrizes cimentícias**. São Paulo, 2014. 206f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2ª. Ed. São Paulo: Pini, 1992.

SILVA, J. A. F. **Argamassas de reparação**. Porto, 2008. 191 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

SCHUEREMANS, L.; CIZER, Ö.; JANSSENS, E.; SERRÉ, G; VAN BALEN, K. ***Characterization of repair mortars for the assessment of their compatibility in restoration projects****: Research and practice. Construction and Building Materials*, v. 25, n. 12, Dezembro, 2011, p. 4338-4350

VAN BALEN, K.; PAPAYIANNI, I.; VAN HEES, R.; BINDA, L.; WALDUM, A. ***Introduction to requirements for and functions and properties of repair mortars****. Materials and Structures*, v. 38, n. 12, Outubro, 2005, p. 781–785.

YUNPENG, L.; FAZHOU, W.; MUYU, L; SHUGUANG, H; ***A microstructural approach to adherence mechanism of cement and asphalt mortar (CA mortar) to repair materials****. Construction and Building Materials*, v. 66, p. 125-131, set. 2014, ISSN 0950-0618.

ZHOU, J.; YE, G.; BREUGEL, K.V. ***Cement hydration and microstructure in concrete repairs with cementitious repair materials***. *Construction and Building Materials*, v. 112, p. 765-772, jun. 2016, ISSN 0950-0618.