



ANÁLISE DO DESEMPENHO DE LIGANTES PARA A UNIÃO DE CONCRETOS COM DIFERENTES IDADES DE CONFEÇÃO

FANTON, Tássia (1); SANTOS, Cristiane Carine dos (2)

(1) Universidade Federal de Santa Maria, tassiafanton@gmail.com

(2) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, cristianecdosantos@hotmail.com

RESUMO

Mesmo com a utilização em grande escala do concreto e de amplo conhecimento técnico científico sobre esse material, muitas estruturas ainda apresentam manifestações patológicas e demandam de elevados gastos com seus reparos. Logo, surge a necessidade da investigação de novas técnicas e materiais para o reparo das estruturas de concreto, dentre as quais, destaca-se a união entre concretos com diferentes idades de execução. Tendo isso em mente, o presente trabalho tem como intuito analisar o desempenho de quatro materiais ligantes na união entre concretos com distintas idades de confecção. Os materiais utilizados foram duas marcas distintas de resina epóxi, pó de cimento e pasta de cimento. Assim sendo, realizou-se a moldagem de dois Corpos de Prova (CPs) com inclinação de face de 60° para cada ligante estudado. Transcorridos 39 dias da moldagem, realizou-se a aplicação dos produtos ligantes e, então, os CPs receberam a camada de concreto novo, permanecendo em processo de cura por 21 dias. Após, as amostras foram submetidas ao ensaio de compressão axial chegando-se a conclusão de que para as soluções ligantes com pó de cimento e pasta de cimento, a resistência foi inferior à do concreto novo, além disso, a ruptura se deu por descolamento, indicando seu mau desempenho para essa função. Já para as soluções com adesivo epóxi, a técnica aplicando a marca A atingiu uma tensão de ruptura superior à do concreto novo. Para a marca B a resistência foi muito próxima, sendo que, para ambas técnicas, a ruptura ocorreu por esmagamento do concreto, indicando assim boa aderência entre os concretos com diferentes idades de confecção. Quando as ligações com resina epóxi para as marcas A e B são comparadas com a união sem a presença de nenhum produto, verifica-se uma resistência superior em 20,55% e 4,80% para as marcas A e B, respectivamente, não sendo viável financeiramente o uso da marca B.

Palavras-chave: Concreto, diferentes idades, aderência.

ABSTRACT

Even with the large-scale use of concrete and extensive scientific and technical knowledge of this material, many structures still have pathological manifestations and demand high costs for their repairs. Therefore, the need arises for the investigation of new techniques and materials for the repair of concrete structures, in which the bond between concretes with different ages of execution stands out. Keeping this in mind, the present work aims to analyze the performance of four binder materials in the bond between an old / new concrete. The materials used were two distinct brands of epoxy resin, cement powder and cement paste. Thus, two CPs with 60 ° face inclination were molded for each binder studied. After 39 days of molding, the binder products were applied and then the CPs received the new concrete layer, remaining in the curing process for 21 days. Afterwards, the samples were submitted to the axial compression test. It was concluded that for the binder solutions with cement powder and cement paste, the resistance was lower than that of the new concrete, indicating its poor performance for this function. For solutions with epoxy adhesive, the technique applying the mark A reached a higher tensile strength than the new concrete. For the mark B the resistance was very close, and for both techniques, the rupture occurred by crushing the concrete, thus indicating good adhesion

between old / new concrete. When epoxy resin bonds for brands A and B are compared to the bond without the presence of any product, there is a higher strength of 20.55% and 4.80% for brands A and B, respectively, the use of brand B is not financially viable.

Keywords: Concrete, different ages, adhesion.

1 INTRODUÇÃO

A Utilização do concreto como material de construção apresenta grandes vantagens, dentre as quais cita-se: a facilidade com que elementos estruturais podem ser executados em diferentes formas e tamanhos e seu baixo custo, haja vista que os seus principais constituintes são o cimento Portland e agregados, materiais que são relativamente baratos e comumente disponíveis na maior parte do mundo. Esses fatores fazem com o que o concreto seja o material de construção mais utilizado em todo o mundo. (MEHTA E MONTEIRO, 2008).

No entanto, mesmo com a utilização em grande escala do concreto e de amplo conhecimento técnico científico sobre esse material, muitas estruturas ainda apresentam manifestações patológicas e demandam de elevados gastos com seus reparos muito antes de atingirem sua vida útil. Dentre os fatores que causam a degradação nessas estruturas, pode-se elencar a utilização de materiais fora de especificação, falhas no projeto, a sua má execução e/ou falta de manutenção adequada para a sua conservação.

Dessa forma, verifica-se a importância da aplicação de técnicas que visem recuperar o desempenho de forma que seja atingida novamente a capacidade de carga para qual essas estruturas foram projetadas. Surge de forma conjunta, a necessidade da investigação de novas técnicas e materiais aplicados ao reparo das estruturas de concreto.

Um método muito empregado na reabilitação de estruturas consiste no emprego da substituição de um concreto já deteriorado por outro de melhor qualidade. Doria *et. al.* (2015), expõem que durante o processo de reparo ou recuperação em estruturas é importante conhecer os fatores que influenciam na resistência da interface entre dois concretos executados em diferentes idades, uma vez que a incompatibilidade de deformações entre concretos com diferentes idades geram tensões na interface da ligação, principalmente as de ocasionadas por retração diferenciada.

A falta da compatibilidade dimensional é uma das principais causas da falha prematura de estruturas reparadas. Conforme Li e Li (2011), a compatibilidade dimensional está associada a capacidade do material em difundir as tensões existentes na superfície de contato, causadas pelas diferentes deformações, sem que ocorra descolamento do reparo ou aparecimento de fissuras.

Bissonnette *et. al.* (2013) ressaltam que para acomodação das tensões na interface entre um concreto velho e um novo a preparação da superfície

é uma questão chave para a obtenção de alta qualidade nesse tipo de ligação.

De acordo com a normativa NBR 14931:2004 pode-se utilizar produtos que melhorem a aderência entre concretos com diferentes idades, desde que esses produtos não causem danos ao concreto e seja possível comprovar um desempenho pelo menos igual ao da interface produzida por métodos tradicionalmente utilizados.

Beushausen (2010) traz que os elementos de ligação a serem utilizados na união entre concretos com diferentes idades vão desde produtos pré-fabricados até misturas cimentícias produzidas *in loco*. No entanto, apesar da gama de produtos disponíveis no mercado e técnicas para a realização das pontes de ligação a eficiência desses agentes ligantes ainda é um assunto muito debatido entre os pesquisadores. Tendo isso em mente, o presente trabalho tem como intuito analisar o comportamento de quatro materiais como ponte ligante entre um concreto velho e um concreto novo. Os materiais utilizados foram duas marcas de resina epóxi, pó de cimento e pasta de cimento. A metodologia adotada e os resultados obtidos são apresentados a seguir.

2 MATERIAIS E PROGRAMA EXPERIMENTAL

2.1 Características dos materiais utilizados

O cimento utilizado na confecção dos traços de concreto é proveniente de um fabricante nacional, sendo classificado de acordo com a NBR 16697:2018 em cimento Portland de alta resistência inicial (CP V). Os agregados miúdos e graúdos tratam-se, respectivamente, de areia oriunda do Rio Jacuí e brita basáltica.

A confecção dos concretos foi realizada em duas datas distintas, no entanto, utilizou-se do mesmo traço para o concreto nomeado como velho e para o concreto chamado de novo. Deste modo, na Tabela 01 é apresentado o traço utilizado em ambas concretagens.

Tabela 01 – Traço dos concretos estudados

Material	Traço
Cimento	1,0
Areia	2,9
Brita	3,6
Fator água/cimento	0,6

Fonte: Próprio autor

Além disso, a fim de verificar o comportamento da resistência à compressão dos concretos estudados, foram moldados dois testemunhos

de referência para cada traço de concreto rodado, os quais foram submetidos ao ensaio de compressão axial, conforme NBR5739:2007, nas idades de 60 dias para o concreto velho e 21 dias para o concreto novo. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 02.

Tabela 02 – Resistência à compressão dos concretos estudados

Traço	CP 1 [MPa]	CP 2 [MPa]	Média [MPa]	Idade [Dias]
Concreto "velho"	36,68	41,35	39,02	60
Concreto "novo"	25,73	26,16	25,95	21

Fonte: Próprio autor

Já no que diz respeito aos materiais utilizados no tratamento das ligações entre concreto velho/novo, utilizou-se de:

- Pó de cimento
- Pasta de cimento
- Adesivo estrutural de base epóxi (marca A)
- Adesivo estrutural de base epóxi (marca B)

É válido destacar que o ligante pó de cimento utilizará da água presente no concreto novo para realizar seu processo de hidratação. Sendo do tipo CP V e possuindo as mesmas características do cimento utilizado na dosagem dos concretos.

Para a ligação com pasta de cimento, também se utilizou de cimento do tipo CP V com as mesmas especificações do utilizado na moldagem dos corpos de prova, sendo a relação a/c adotada igual a 0,40.

Já os adesivos estruturais de base epóxi são do tipo bicomponentes e isentos de solventes, sendo o da marca A de média fluidez e pega normal, com massa específica de 1,70 kg/dm³ e consumo teórico aproximado na união entre as peças de 1,7 kg/m²/mm. O componente da marca B é de média fluidez, pega normal, com massa específica de 1,80kg/dm³ e consumo mínimo na união entre peças de 1,8 kg/m²/mm.

2.2 Moldagem dos corpos de prova

Com o objetivo de avaliar o comportamento dos materiais ligantes propostos, na união entre concretos antigos com novos, realizou-se a concretagem de dois CPs com inclinação da face em 60° para cada produto de aderência a ser analisado. O traço utilizado coincide com o já apresentado na Tabela 01 e a Figura 01 apresenta a configuração dos corpos de prova utilizados, após serem desmoldados.

4Figura 01 – CPs com inclinação de face em 60°, concreto velho



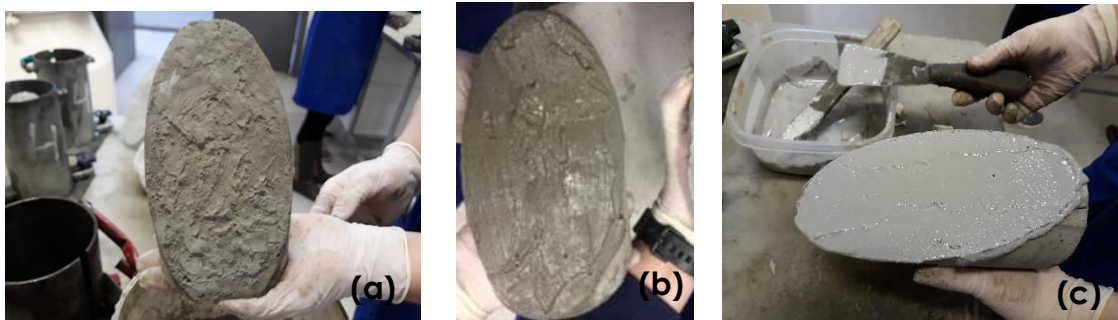
Fonte: Próprio autor

É válido salientar que durante a moldagem dos CPs tomou-se o cuidado de deixar a superfície inclinada, a qual irá receber o produto ligante, rugosa, evitando assim, o processo de apicoamento. Transcorridos 39 dias da data de moldagem dos CPs com face inclinada (concreto velho), realizou-se a aplicação das técnicas de ligação entre concreto velho/ concreto novo. Para isso, realizou-se primeiramente a limpeza da superfície dos CPs com jato de água, deixando a mesma isenta de poeira, óleos, graxas ou qualquer outro tipo de partículas soltas.

Assim sendo, para a confecção da ligação do tipo pó de cimento, aplicou-se o aglomerante sobre a superfície já limpa, tomando o cuidado para preencher toda a superfície do CP, conforme apresentado na Figura 02 (a). Na realização da união com pasta de cimento, aplicou-se a mesma em toda a superfície, de acordo com a Figura 2 (b), sendo realizado um umedecimento da superfície de modo a minimizar o risco de retração imediata do material de união.

Já para a aplicação dos ligantes do tipo adesivo epóxi, seguiu-se as recomendações dos fabricantes. Desta forma, realizou-se uma pré mistura dos componentes A e B separadamente, após, os componentes foram unidos e misturados com espátula até a obtenção de uma massa homogênea de cor cinza e sem grumos. Estando os adesivos prontos para serem utilizados, foram aplicados com espátula formando uma camada contínua, a qual cobriu toda a superfície de união, conforme Figura 2 (c).

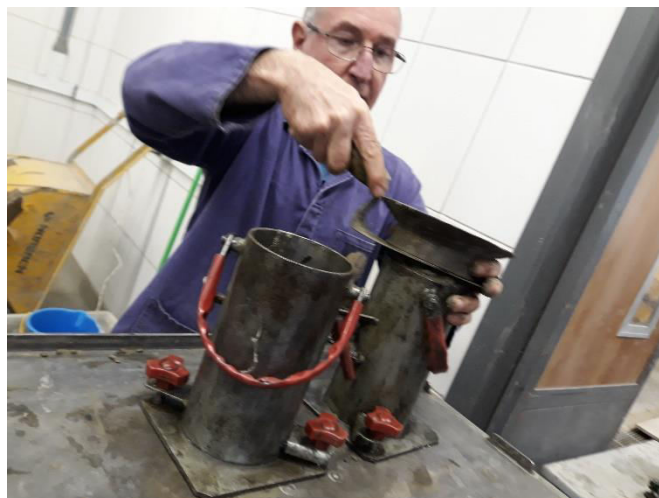
Figura 02 – Técnica de aplicação dos materiais ligantes



Fonte: Próprio autor

Estando todas as superfícies de ligação tratadas, os corpos de prova receberam a camada de concreto novo. Para isso, os CPs foram inseridos em moldes metálicos e cilíndricos, com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, o molde foi preenchido com o concreto novo, conforme Figura 03. A composição do traço do concreto novo pode ser encontrada na Tabela 01, já apresentada.

Figura 03 – Preenchimento do molde com concreto novo



Fonte: Próprio autor

As amostras resultantes desse processo foram desmoldadas 24 horas após a moldagem, permanecendo em processo de cura por 21 dias. Após esse período foi realizado o ensaio de compressão axial das amostras contendo a união concreto velho/concreto novo. Os resultados obtidos são discutidos a seguir.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 03 são apresentados os valores das resistências obtidas para os tipos de ligações utilizadas e do concreto de referência o qual foi moldado sem nenhum tratamento entre os concretos com diferentes idades. Além disso, é apresentado o tipo de ruptura que os corpos de prova apresentaram, sendo essa classificada por cisalhamento como descolamento do concreto e a por compressão axial como sendo de esmagamento.

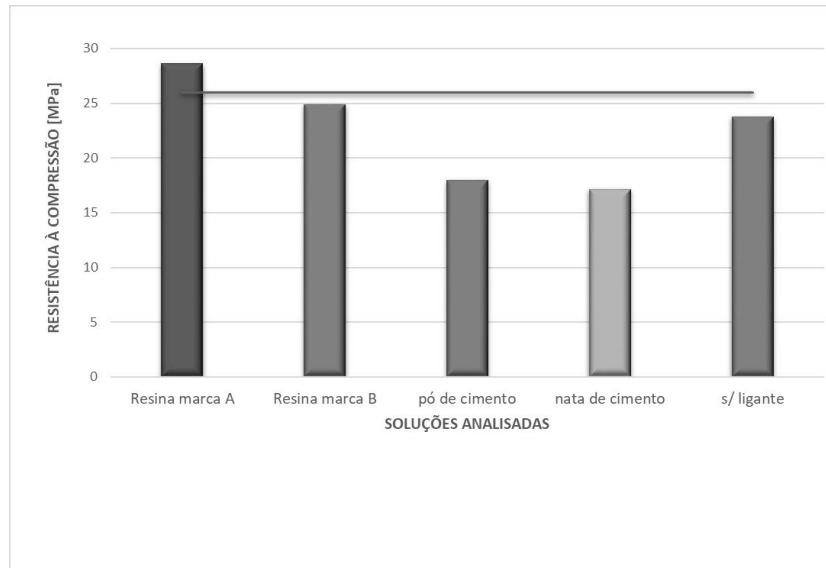
Tabela 03 – Resultados obtidos no ensaio de compressão axial

Solução	Tensão [MPa]	Tensão Média [MPa]	Idade [dias]	Tipo de Ruptura
Pó de cimento	17,96	14,86	21 dias	descolamento
	11,75			descolamento
Pasta de cimento	16,40	16,77	21 dias	descolamento
	17,14			descolamento
Resina Marca A	24,98	26,81	21 dias	esmagamento
	28,63			esmagamento
Resina Marca B	24,89	24,45	21 dias	esmagamento
	24,00			esmagamento
S/ ligante	23,75	23,75	21 dias	esmagamento

Fonte: Próprio autor

Na Figura 04 são apresentadas as resistências potenciais obtidas pelo ensaio de compressão axial para cada solução ligante analisada. É válido expor, que a linha de referência diz respeito a resistência mínima de ruptura desejável das soluções adotadas, ou seja, a tensão de ruptura do concreto com menor resultado de tensão axial de compressão, sendo nesse caso, o concreto com menor idade de confecção, tendo 25,95 MPa.

Figura 04 – Resistência potencial das soluções analisadas



Fonte: Próprio autor

Logo, a partir da análise gráfica é possível verificar que apenas a solução com resina da marca A proporcionou uma união entre os concretos com resistência superior aos 25,95 MPa, sendo a resistência encontrada superior em 20% a resistência encontrada para os concretos sem ligante. Já no que se refere a resina da marca B, a união não atingiu a resistência a compressão do concreto com menor idade de execução e, ainda, apresentou um ganho de resistência de apenas 4,8% quando comparadas a união dos concretos realizadas sem ligante, o que perante o seu custo, não proporciona viabilidade de utilização.

Com relação aos ligantes, pasta de cimento e pó de cimento, essas técnicas não apresentaram um bom desempenho, haja vista que as resistências foram inferiores a 25,95MPa, além disso, outro agravante em relação ao seu desempenho surge devido ao fato da tipologia da ruptura ter sido configurada por descolamento do concreto.

Destaca-se ainda que diante aos resultados obtidos, verifica-se que os melhores desempenhos ocorreram por aderência química. Tal constatação vai de encontro ao observado por Dória *et. al.* (2015), a qual analisou o comportamento da aderência entre um concreto velho e um novo a partir de três tipos de tratamento para união (escovação, escovação + argamassa e escovação + resina epóxi) sendo observado que o tipo de ligação que apresentou um melhor desempenho foi a escovação da superfície seguida da aplicação de resina epóxi.

4 CONCLUSÃO

O estudo realizado, apresenta de maneira simples o desempenho de quatro soluções comumente utilizadas para unir o concreto de uma

estrutura já existente com um concreto novo, seja devido a algum reparo ou reforço na estrutura.

Para analisar o comportamento das soluções adotadas, devem ser considerados dois dados: a resistência à compressão e o tipo de ruptura encontrado nos CPs. Além disso, é importante observar que a resistência à compressão do concreto velho foi de 39,02 MPa, enquanto que a resistência do concreto novo foi de 25,95 MPa. Logo, seria desejável que a tensão de ruptura das soluções adotadas fosse no mínimo igual a resistência a compressão do concreto com menor resultado. No entanto, o que se verificou foi que somente uma das soluções analisadas atingiu esse resultado, sendo essa a resina epóxi marca A. A solução com adesivo epóxi marca B, atingiu uma tensão potencial de ruptura muito próxima a do concreto novo, chegando a 24,98 MPa e, além disso, teve sua ruptura ocorrida por esmagamento do concreto, indicando assim boa aderência entre os concretos velho/novo. Porém, quando analisada sua viabilidade financeira de execução depara-se com o fato de que sua resistência foi superior em apenas 4,8% quando comparada a resistência potencial da união concreto velho/novo sem a presença de nenhum produto.

Já no que diz respeito as soluções ligantes com pó de cimento e pasta de cimento, a resistência de compressão potencial obtida foi de 17,96 MPa e 17,14 MPa, respectivamente, sendo esses valores consideravelmente inferior à do concreto novo, além disso, tem-se o agravante de que sua ruptura se deu por descolamento, indicando seu mau desempenho para essa função.

Assim sendo, a partir dos resultados obtidos, é possível verificar que as soluções que adotaram como ligante adesivo epóxi apresentaram um desempenho superior em relação a solução ligante com pó de cimento e pasta de cimento.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto—procedimento. Rio de Janeiro, 2004.
- _____. **NBR 16697**. Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.
- _____. **NBR 5739**: Concreto-Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
- BEUSHAUSEN, H. The influence of concrete substrate preparation on overlay bond strength. **Magazine of Concrete Research**, v. 62, n. 11, 2010, p. 845-852.
- BISSONNETTE, B.; COURARD, L.; BEUSHAUSEN, H.; FOWLER, D.; TREVINO, M.; VAYSBURD, A. Recommendations for the repair, the lining or the strengthening of concrete slabs or pavements with bonded cement-based material overlays. **Materials and Structures**, vol 46, 2013, p. 481- 494.
- DORIA, M. R.; SALES, AT C.; ANDRADE, NF de A. Bond strength between steel-concrete and between concretes with different ages in structural

rehabilitation. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 8, n. 5, p. 604-624, 2015.

LI, M.; LI, C. V. High-early strength engineered cementitious composites for fast, durable concrete repair: its fol just online journalism. **ACI Material Journal**. Miami. Mai, 2011.

MEHTA, Povindar Kumar; MONTEIRO, Paulo Jose Melaragno. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. Ibracon, 2008.