

## **ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE DIFERENTES CONCRETOS NA ADERÊNCIA COM A ARMADURA**

TAMIRIS EVANGELISTA MARTINS<sup>1</sup>; WELLINGTON MAZER<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Aluna de Engenharia Civil, UTFPR, Curitiba-PR, tami\_rmc@hotmail.com

<sup>2</sup>Prof. Dr., UTFPR, Curitiba-PR, wmazer@utfpr.edu.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016  
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

**RESUMO:** Nas últimas décadas, o concreto tornou-se o material mais utilizado na construção civil. O concreto armado, objeto de estudo deste trabalho, é uma estrutura de concreto que possui uma armadura com barras de aço em seu interior. Sua função é resistir aos esforços de compressão, e a do aço resistir à tração. A aderência é a responsável por garantir que esses dois elementos distintos, concreto e aço, trabalhem de forma conjunta para resistir aos esforços aos quais forem solicitados. Este trabalho visa analisar a influência que a resistência à compressão do concreto confere na aderência do conjunto aço-concreto. Realizando o ensaio de arrancamento direto, o *PULL-OUT-TEST (POT)* que se caracteriza por um ensaio de tração. Os concretos especiais CAA, CAD e CPR possuem uma melhor seleção de materiais, delimitando a dimensão do agregado graúdo, utilizam aditivos e compostos que fazem com que a quantidade de vazios dentro da estrutura de concreto seja bem menor do que em concretos convencionais. Portanto esses concretos especiais possuem uma resistência à compressão maior do que o convencional, analogamente uma maior resistência à compressão implica em maior resistência de aderência.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aderência. Arrancamento direto. Concreto auto adensável. Concreto alto desempenho. Concreto pós reativo.

### **ANALYSIS OF THE STRENGTH OF CONCRETE COMPRESSION GIVES GRIP OF STEEL-CONCRETE SET**

**ABSTRACT:** In recent decades, concrete has become the most commonly used material in construction. The reinforced concrete, study object of this work, is a concrete structure which has a reinforcement with steel bars inside. Its function is to resist the compressive forces and the steel function is to resist tensile. Compliance is responsible for ensuring that these two distinct elements, concrete and steel, work together to resist the efforts to which they are requested. This work aims to analyze the influence of the strength of concrete compression gives the grip of steel-concrete set. Realizing the pull-out-test, which is characterized by a tensile test. The special concretes SCC, HPC and RPC have a better selection of materials, limiting the size of the coarse aggregate, used additives and compounds which cause the amount of voids in the concrete structure are much smaller than conventional concretes. Therefore these special concretes have a greater resistance to compression than conventional one, analogously greater compressive strength results in higher bond strength.

**KEYWORDS:** Adherence. Pullout test. Self compacting concrete. High performance concrete. Reactive powders concrete.

### **INTRODUÇÃO**

Nas últimas décadas o concreto tornou-se o material mais utilizado na construção civil sobressaindo-se em relação a outros elementos estruturais, tais como estruturas metálicas e de madeiras. O concreto tem a capacidade de assumir diversas formas, além de ser uma opção

economicamente viável. Além disso, existem diversos tipos de concreto disponíveis no mercado hoje em dia, se adequando as mais variadas necessidades (PEDROSO, 2009; REDIMIX, 2015).

Entre 2005 e 2012, enquanto o consumo de cimento avançou mais de 80%, o aumento do concreto preparado em centrais foi de 180%. Estima-se que as usinas de concreto tenham produzido 51 milhões de m<sup>3</sup> de concreto no ano de 2012. Esta é uma das conclusões da pesquisa realizada em parceria pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), e inteligência UBM *Brazil* para traçar um perfil e projetar tendências para o setor (ABCP, 2013).

O concreto armado, que é o objeto de estudo deste trabalho, é uma estrutura de concreto que possui uma armadura com barras de aço em seu interior. Tanto o traço do concreto quanto a quantidade, espessura e disposição das barras de aço são previstos em projeto. O concreto tem como função resistir aos esforços de compressão, e as funções do aço são resistir à tração e proporcionar certa maleabilidade a estrutura (LIBERATI; LEONEL; NOGUEIRA, 2014; CONCRETO, 2015).

Em se tratando de concreto armado a aderência é um dos principais fatores a ser estudado, pois ela é a responsável por garantir que esses dois elementos distintos, concreto e aço, trabalhem de forma conjunta para resistir aos esforços aos quais forem solicitados e garanta o bom desempenho do elemento estrutural (TAVARES, 2012).

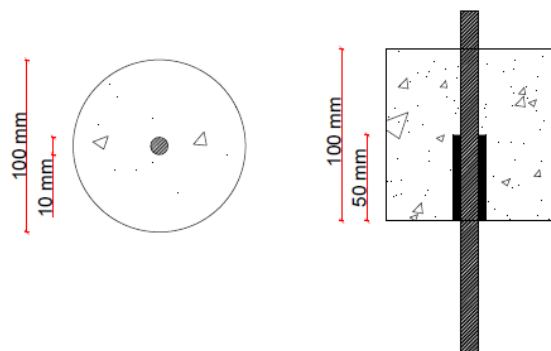
No presente trabalho será estudada a validade da expressão 9.3.2.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014) para os seguintes tipos de concreto: concreto auto adensável (CAA), concreto pós-reativo (CPR) e concreto de alto desempenho (CAD). O estudo será feito tomando como base o concreto convencional, que é concreto utilizado para estabelecer os requisitos da norma. Além disso, também serão analisadas as tensões de aderência aço-concreto e as formas de ruptura dos corpos de prova, por meio de ensaio em laboratório. Para a realização dos ensaios serão feitos corpos de prova de dimensões pré-definidas, com uma barra de aço nervurada e ancoragem reta.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Tendo em vista cumprir com os objetivos apresentados, foi realizado um ensaio de arrancamento direto, o *PULL-OUT-TEST (POT)*. Ele se caracteriza por um ensaio de tração onde é moldado o corpo de prova contendo uma barra de aço, neste caso a barra utilizada é nervurada. O presente trabalho utiliza de corpos de prova de forma cilíndrica, a fim de se obter uma distribuição uniforme de tensões.

As formas dos corpos de prova foram confeccionadas com tubos de PVC de 100 mm de diâmetro e 100 mm de altura, conforme o desenho esquemático da Figura 1. Para fechar a extremidade inferior da forma colocou-se como base uma placa de compensado, de formato quadrado com 100 mm de lado. No centro da base, fez-se um furo com diâmetro de 10 mm, mesma medida do diâmetro da barra, a fim de que a mesma atravessasse o furo e ficasse corretamente posicionada. Em seguida, o componente de PVC foi colado à base de compensado com uma cola adesiva instantânea universal, tomando o cuidado de que o furo estivesse corretamente centralizado.

Figura 1 - Modelo esquemático do corpo de prova



Na Tabela 1 abaixo estão listados os traços dos concretos utilizados para a realização deste trabalho. É importante salientar que os concretos utilizados neste trabalho são de caráter experimental,

portanto, foi necessário fazer alguns ajustes no traço do concreto durante sua execução. Os traços apresentados na tabela já consideram todos os ajustes.

Tabela 1- Traços dos concretos

Concreto	Traços						
	Cimento CPV	Areia	Silica ativa	Pó de quartzo	Brita 1	Água	Superplastificante
Convencional	1	1,47	-	-	2,6	0,65	-
Auto adensável	1	2,11	0,53	-	1,11	0,45	1%
Alto desempenho	1	1,85	0,11	-	2,62	0,31	0,6%
Pós reativo	1	1,475	0,25	0,306	-	0,2	4%

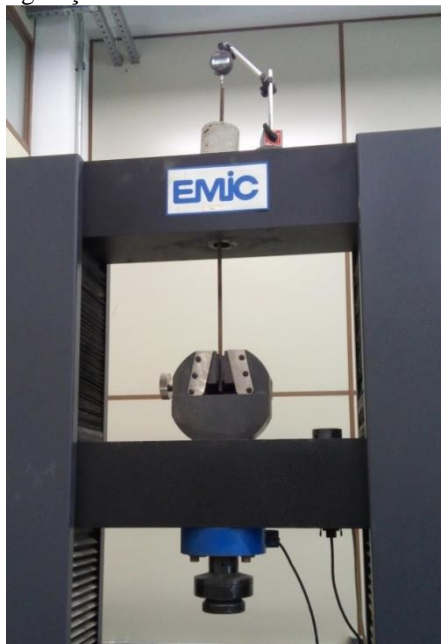
Para a realização dos ensaios de compressão foram utilizados os corpos de prova padrão regulamentados pela NBR 5738/2008, com dimensões de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura para os concretos: convencional, auto adensável e alto desempenho.

No concreto de pós reativos foi utilizado um corpo de prova menor, de dimensões 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura, que é regulamentado para ensaio de compressão de pasta de cimento. Este concreto, excepcionalmente, foi executado na argamassadeira devido a sua composição de materiais finos e o seu rápido tempo de pega.

Ao todo foram moldados vinte corpos de prova para o ensaio de arrancamento, cinco para cada tipo de concreto analisado, e para o ensaio de compressão foram três para cada tipo de concreto, totalizando 12 corpos de prova.

Os ensaios de arrancamento foram realizados na máquina universal para ensaios DL30000 da marca EMIC, a configuração do ensaio pode ser visualizada na Figura 2. O corpo de prova foi colocado na parte superior da prensa e a barra de aço passava por um furo que tem no suporte da máquina. A barra de aço foi presa à garra da prensa e então aplicada uma carga inicial para puxar a barra, imprimindo assim o esforço de tração na barra até o seu escorregamento e o posterior rompimento do concreto.

Figura 2 - Configuração do ensaio de arrancamento direto



A fim de comparar a influência da resistência à compressão com a resistência a aderência na tração, foi realizado também o ensaio de resistência à compressão, que é normatizado pela NBR

5739/2007. Para a realização do ensaio de compressão foi utilizada a prensa hidráulica digital DL200 da marca EMIC.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os valores obtidos segundo o cálculo da tensão de aderência conforme a expressão 9.3.2.1 da NBR 6118/2014, apresentada na Equação 1 e os resultados médios obtidos no ensaio de arrancamento.

$$f_{ct} = \alpha \cdot f_{ctk} \cdot \gamma \cdot \gamma_{red} \cdot \gamma_{p} \cdot \gamma_{s} \cdot \gamma_{t} \cdot \gamma_{l} \cdot \gamma_{m} \cdot \gamma_{c} \cdot \gamma_{d} \cdot \gamma_{e} \cdot \gamma_{f} \cdot \gamma_{g} \cdot \gamma_{h} \cdot \gamma_{i} \cdot \gamma_{j} \cdot \gamma_{k} \cdot \gamma_{l} \cdot \gamma_{m} \cdot \gamma_{n} \cdot \gamma_{o} \cdot \gamma_{p} \cdot \gamma_{q} \cdot \gamma_{r} \cdot \gamma_{s} \cdot \gamma_{t} \cdot \gamma_{u} \cdot \gamma_{v} \cdot \gamma_{w} \cdot \gamma_{x} \cdot \gamma_{y} \cdot \gamma_{z} \quad (1)$$

Tabela 2 - Comparação dos resultados obtidos em ensaio com os resultados calculados pela equação

	Tensão de aderência			
	CC	CAA	CAD	CPR
$f_{ck}$ médio (MPa)	23,8	74,5	83,6	79,9
Tensão de aderência calculada (MPa)	2,8	5,3	5,5	5,4
Tensão de aderência média do ensaio (MPa)	7,9	18,0	32,0	33,3
Diferença percentual	283%	339%	577%	612%

Observa-se que a resistência de aderência do ensaio apresenta valores superiores comparando-se aos calculados. Os valores retirados da tabela 2 se caracterizam por serem valores teóricos, além disso, a equação é constituída por coeficientes de segurança, que minoram os valores de resistência. Ou seja, a norma dá o mínimo valor de aderência que deve ser atendida entre o concreto e a armadura para que a estrutura resista.

Ao analisar as tabelas constata-se que as tensões nos concretos especiais são maiores que as do concreto convencional, resultado que já era esperado segundo a teoria deste trabalho. No caso do concreto pós reativo, o valor da resistência à compressão mais baixo do que o do concreto de alto desempenho pode ser explicado, como já foi dito anteriormente, pela falta da cura térmica. Apesar disso, a tensão de aderência do CPR mostra-se maior que a do CAD. Isso acontece porque o concreto pós reativo possui menor o número de vazios e há maior interação entre as partículas, o chamado empacotamento de partículas, característica que atua diretamente na aderência.

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos a partir do ensaio de arrancamento direto atestam que os concretos especiais CAA, CAD e CPR apresentam maior aderência com a armadura. O resultado do ensaio de arrancamento mostra que os valores reais da resistência de aderência são superiores aos valores calculados pela equação da norma.

A delimitação da dimensão do agregado graúdo, o uso de aditivos e as adições fazem com que a quantidade de vazios dentro da estrutura de concreto seja menor do que em concretos convencionais. O fato de os concretos especiais analisados neste trabalho possuírem esta melhor seleção dos materiais empregados colabora tanto para uma melhor resistência à compressão quanto para tração. Conclui-se então, que a resistência à compressão do concreto possui influência na aderência do conjunto formado pelo concreto com a armadura.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro, 2014. 256 p.

- CONCRETO, Portal do. Concreto armado. Disponível em: <<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/armados.html>>. Acesso em: 10 set. 2015.
- LIBERATI, E. A. P.; LEONEL, E. D.; NOGUEIRA, C. G.. Influência da corrosão da armadura na capacidade resistente à flexão de vigas em concreto armado: uma abordagem via teoria da confiabilidade estrutural. Revista Ibracon de Estruturas e Materiais, São Paulo, v. 7, n. 3, p.1-5, jun. 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-41952014000300005&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-41952014000300005&script=sci_arttext&tlng=pt)>. Acesso em: 10 set. 2015.
- PEDROSO, Fábio Luís. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. Concreto e Construções, São Paulo, v. 53, p.14-19, mar. 2009
- REDIMIX. Tipos de concreto. Disponível em: <<http://www.redimix.com.br/tiposdeconcreto/>>. Acesso em: 10 set. 2015.
- TAVARES, Alysson José. Aderência aço-concreto: Análise numérica dos ensaios Pull-out e Apulot. 2012. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2012.