

DETERMINAÇÃO DO FATOR DE REDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM CONCRETO COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

JESIMIEL PINHEIRO CAVALCANTE^{1*}; LUCAS WILLIAN AGUIAR MATTIAS²;
ELIEDSON RAFAEL DE CARVALHO³; MALLENA SOARES DA SILVA⁴

¹Me. Pesquisador PIBIT, IFAL, Palmeira dos Índios/AL, jesimiel.pinheiro@ifalpalmeira.edu.br;

²Pesquisador PIBIT, engenharia civil, IFAL, Palmeira dos Índios/AL, lucaswmattias@bol.com.br;

³Pesquisador PIBIT, engenharia civil, IFAL, Palmeira dos Índios/AL, eliedsonrc@gmail.com;

⁴Pesquisador PIBIT, engenharia civil, IFAL, Palmeira dos Índios/AL, mallenamah@gmail.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018

21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: A construção civil é um dos principais responsáveis pelo consumo de recursos naturais, tanto na construção quanto na utilização, a habitação consome muita energia em todo o seu ciclo-de-vida, praticamente todas as atividades desenvolvidas na construção civil são geradoras de resíduos. Com o advento da Resolução do CONAMA 307, a indústria da construção começou a buscar soluções para o reuso ou reciclagem dos resíduos da construção civil – RCC. Uma opção é a utilização do RCC em concreto de pavimentação rígida rodoviária, visto a possibilidade de alcançar elevadas resistências e do grande volume de agregados utilizados. Buscou-se nesse estudo determinar a relação entre a resistência do concreto alternativo e o convencional, sendo a razão entre eles definido como Fator de Resistência – FR. Observou-se que a variação do FR obedece a uma função parabólica e que para o concreto com 50% de substituição, o FR atingiu 0,88 e para 100% atingiu 0,80.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos da Construção Civil. Concreto Alternativo. Fator de redução.

DETERMINATION OF THE RESISTANCE REDUCTION FACTOR IN CONCRETE WITH INCORPORATION OF WASTE FROM CIVIL CONSTRUCTION

ABSTRACT: Civil construction is one of the main responsible for the consumption of natural resources, both in construction and in use, housing consumes a lot of energy throughout its life-cycle, practically all the activities developed in the civil construction are waste generators. With the advent of the Resolution of CONAMA 307, the construction industry began to seek solutions for the reuse or recycling of construction waste - RCC. One option is the use of RCC in hard road paving concrete, considering the possibility of reaching high resistances and the large volume of aggregates used. This study aimed to determine the relationship between the resistance of the alternative concrete and the conventional one, the ratio between them being defined as Resistance Factor - FR. It was observed that the variation of the FR corresponds to a parabolic function and that for the concrete with 50% of substitution, the FR reached 0.88 and for 100% it reached 0.80.

KEYWORDS: Civil Construction Waste. Alternative Concrete. Reduction factor..

INTRODUÇÃO

No Brasil, a elevada quantidade de RCC representa mais de 50% da massa de resíduos sólidos urbanos (Santos, Teixeira, Almeida De Mello, & Teixeira, 2015). A disposição do RCC ocupa um grande espaço nos aterros sanitários e quando dispostos inadequadamente causam inúmeros problemas ao meio ambiente, como a ocupação irregular de áreas urbanas, o assoreamento de córregos e rios, o entupimento de redes de drenagem, a proliferação de vetores de doenças e degradação da paisagem urbana e rural.

O setor da construção civil é responsável por 15 a 50% do consumo dos recursos naturais, além disso, a habitação consome muita energia em todo o seu ciclo-de-vida, praticamente todas as

atividades desenvolvidas na construção civil são geradoras de resíduos, comumente chamado entulho ou RCC, conforme(Azevedo et al., 2006).

Para Miranda, Ângulo e Careli (2009), por motivos ambientais e econômicos, existe uma necessidade crescente da reciclagem para diminuir o volume lançado diretamente no ambiente. Além disso, o meio científico, empresas e o setor público têm realizado diversas ações para o desenvolvimento dessa atividade.

Para Rodrigues e Fucale (2014), a substituição do agregado miúdo natural por reciclado ocasiona a diminuição da trabalhabilidade, por causa da maior absorção de água pelo RCC reciclado, necessitando assim de maior fator água/cimento, gerando uma menor resistência e menor módulo de elasticidade.

Existe uma necessidade de implantação de alternativas para a reciclagem dos resíduos da construção civil, de modo a evitar a degradação ambiental. Neste contexto, procuram-se alternativas para aplicação dos materiais provenientes de sua reciclagem. O reuso do RCC reduz o despejo final inadequado, contribui para a diminuição da contaminação do solo e lençol freático e inibe a proliferação de doenças transmitidas por vetores. Diminui também o novo consumo de agregados, visto que o RCC incorpora o concreto substituindo novos agregados.

Neste trabalho busca-se determinar, em análise numérica, um fator de redução da resistência do concreto com substituição do agregado miúdo natural pelo reciclado em 50% ou 100%.

MATERIAL E MÉTODOS

Rodrigues e Fucale (2014) desenvolveu ábacos de dosagem do concreto de referência e com 50% e 100% de incorporação de RCC, além das equações que embasaram os ábacos. Por meio dessas equações podem-se obter os traços e as projeções de resistências para o estudo.

Através dos ábacos apresentados por Rodrigues e Fucale (2014), é deduzido matematicamente as equações para a resistência do concreto alternativo. As deduções consistem em determinar qual fator água/cimento que gera o mesmo teor de agregado, assim mantem-se o mesmo traço que o de referência, mas com consumo de água diferente visto que o agregado reciclado apresenta maior absorção de água.

Ao se determinar a provável resistência do traço de referência, com 50% de RCC e 100% de RCC, determina-se o fator de resistência que é a razão entre o traço alternativo e o convencional.

Com auxílio do Excel, pode-se plotar as curvas fator de resistência x resistência convencional, e as equações que descrevem as curvas. Busca-se determinar qual tipo de curva apresenta maior correlação.

Sabendo-se qual a resistência provável do traço convencional e com auxílio do fator de resistência já descrito no item anterior, é possível estimar qual a resistência do traço alternativo com RCC.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para desenvolvimento do estudo, baseou-se no trabalho de Rodrigues e Fucale (2014) sobre dosagem de concreto com RCC para determinação da relação de resistência entre o traço de referência e o com substituição de agregado miúdo natural por reciclado. Esse trabalho moldou 270 corpos de prova e utilizou o método de dosagem do IBRACON.

O trabalho de Rodrigues Fucale (2014) desenvolveu modelos matemáticos que possibilitam o cálculo das propriedades teóricas dos concretos estudados. As equações de cálculo do traço são apresentadas nas Figuras de 1 e 2.

Figura 1 - Equações de dosagem – Resistência à compressão (Mpa).

Concreto	Equações para Lei de Abrams			
	3 dias	7 dias	28 dias	91 dias
CRE	$f_{c_3} = \frac{69,35}{12,34^{a/c}}$	$f_{c_7} = \frac{73,46}{9,44^{a/c}}$	$f_{c_{28}} = \frac{130,92}{18,10^{a/c}}$	$f_{c_{91}} = \frac{92,45}{6,20^{a/c}}$
C50AMR	$f_{c_3} = \frac{81,4}{13,70^{a/c}}$	$f_{c_7} = \frac{77,90}{9,41^{a/c}}$	$f_{c_{28}} = \frac{102,14}{8,57^{a/c}}$	$f_{c_{91}} = \frac{133,61}{8,68^{a/c}}$
C100AMR	$f_{c_3} = \frac{82,49}{12,15^{a/c}}$	$f_{c_7} = \frac{64,08}{6,42^{a/c}}$	$f_{c_{28}} = \frac{93,53}{6,77^{a/c}}$	$f_{c_{91}} = \frac{117,82}{6,32^{a/c}}$

Fonte: Rodrigues e Fucale (2014)

Figura 2 - Equações de dosagem – teor de agregados secos (m) e cimento (C).

Concreto	Quadrante de Lyse	
CRE	$y = f(x)$ $m = f(a/c)$	$m = 7,78 \times a/c - 0,11$
C50AMR	$y = f(x)$ $m = f(a/c)$	$m = 8,3 \times a/c - 1,00$
C100AMR	$y = f(x)$ $m = f(a/c)$	$m = 7,47 \times a/c - 1,1$

Fonte: Rodrigues e Fucale (2014)

Pode-se, desta maneira, deduzir equações que determinam o traço convencional e sua resistência e estimar qual a resistência atingida caso haja substituição do agregado miúdo nos teores de 50% e 100%. As equações foram deduzidas neste trabalho a partir das equações apresentadas nas Figuras 1 e 2, mantendo-se o teor de agregado e cimento constantes (princípio de manter o mesmo traço), mas variando o fator água/cimento – (a/c) para manter a mesma consistência.

O coeficiente a/c,50 pode ser escrito da maneira apresentada pela Equação 1.

$$a/c, 50 = \frac{m + 1,00}{8,3} \quad \text{Equação 1}$$

Como o teor de agregados m não se altera para manter o traço constante, substitui-se a variável m da Equação 1 pela fornecida pela Figura 2, para CRE.

$$m = 7,78 * a/c - 0,11 \quad \text{Equação 2}$$

Desta forma, a/c,50 pode ser escrito conforma Equação 3:

$$a/c, 50 = \frac{(7,78 * a/c - 0,11) + 1,00}{8,3} \quad \text{Equação 3}$$

Substituindo a Equação 3 na Equação fornecida pela Figura 1, determina-se o $F_{ck,50}$. A resistência para o traço alternativo com 50% de RCC é apresentado na Equação 4.

$$F_{ck, 50} = \frac{102,14}{\left[\left(7,78 * \frac{a}{c} - 0,11 \right) + 1 \right] / 8,3} \quad \text{Equação 4}$$

De forma análoga, determina-se o $F_{ck,100}$ apresentado pela Equação 5.

$$F_{ck, 100} = \frac{93,53}{\left[\left(7,78 * \frac{a}{c} - 0,11 \right) + 1,1 \right] / 7,47} \quad \text{Equação 5}$$

O traço alternativo apresenta as mesmas proporções de insumos que o convencional, mas com um consumo de água maior, visto que o agregado reciclado tem maior absorção.

Percebe-se numericamente que $a/c,50$ e $a/c,100$ são função de a/c , o que demonstra a necessidade de correção do fator água/cimento, assim como os resultados observados laboratorialmente por Rodrigues e Fucale (2014). Justifica-se a presente correção pela maior absorção de água pelo agregado reciclado que o natural.

Segundo Rodrigues e Fucale (2014), à medida que houve incremento de agregado reciclado de RCC da mistura, houve também aumento de relação do fator a/c . Logo, ocorreu aumento da quantidade de vazios no concreto, diminuição de sua massa específica e, por consequência, aumento da absorção de água. Levy (2001) encontrou valores de absorção de água de concreto reciclado até 60% superiores em relação ao concreto de referência.

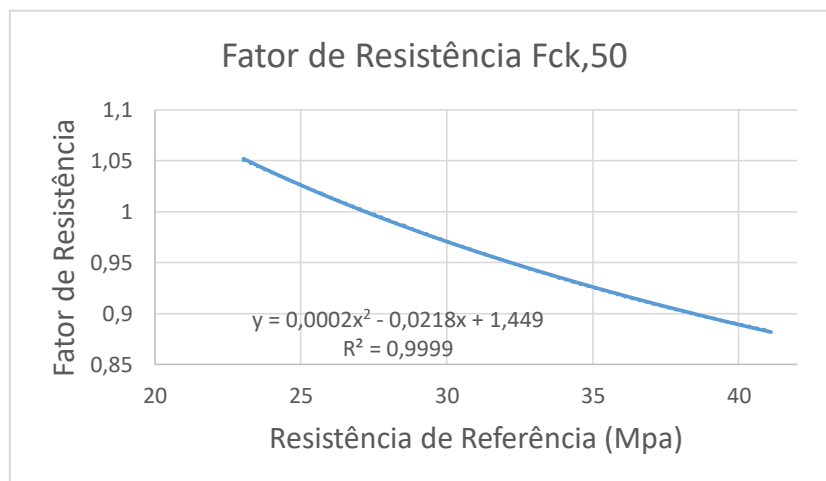
O cálculo da resistência à compressão do concreto deu-se por meio da expressão apresentado pela NBR 6118 (2014) no item 8.2.5 para concretos até a classe C50 (Equação 6).

$$F_{ct,m} = 0,3 * F_{ck} \left(\frac{2}{3}\right) \quad \text{Equação 6}$$

A partir das equações 4 e 5 pode-se determinar a variação da resistência pelo teor de agregado reciclado e traçar as curvas com o fator de resistência do concreto. O fator de resistência do concreto é a razão entre o concreto alternativo e o convencional. Os dados obtidos são apresentados nas Figuras 3 e 4.

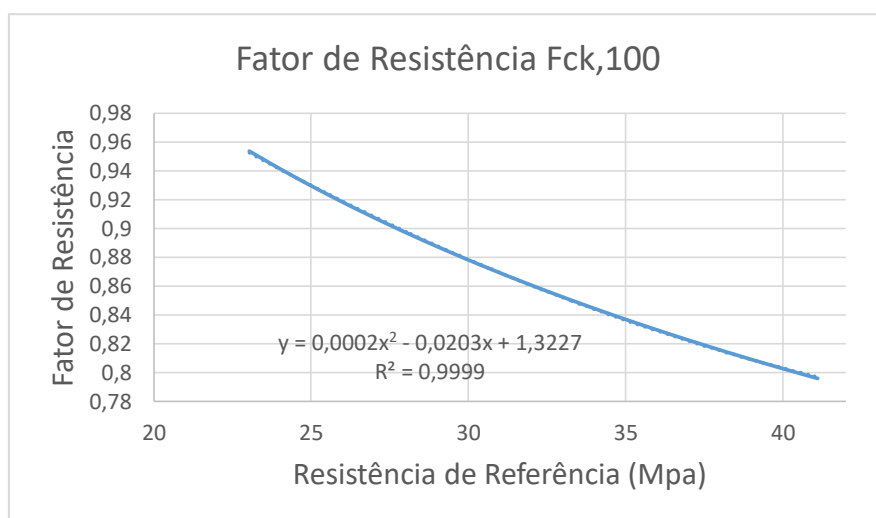
A variação do fator de resistência varia em função da resistência de referência de forma paraboloide. As Figuras 3 e 4 apresentam os gráficos dos fatores de resistência.

Figura 31 - Fator de resistência – $F_{ck,50}$.



Fonte: Autor

Figura 42 - Fator de resistência – Fck,100.



Fonte: Autor

O Fator de Resistência FR,50 é determinado pela razão de Fck,50 por Fck e o Fator de Resistência FR,100 é determinado pela razão de Fck,100 por Fck. Os mesmos são determinados para variação de resistência de a/c de 0,60 a 0,40 pela Tabela 7. Os gráficos das Figuras 3 e 4 são gerados pela correlação das resistências característica com o respectivo FR.

CONCLUSÃO

O concreto com substituição do agregado miúdo natural por ser reciclado necessita de maior volume de água para manter a trabalhabilidade com o mesmo traço de referência, ocasionado pela maior absorção de água resíduo de RCC. Este fenômeno ocasiona uma maior porosidade no concreto, causando uma perda de resistência no concreto, sendo esta variação maior quanto maior for à resistência do concreto de referência. Percebeu-se que para concretos com resistência abaixo de 27 Mpa e substituição de 50% do agregado por resíduo de RCC não acarreta perda de resistência.

Observou-se que a variação do fator de resistência obedece a uma função parabólica. O fator de resistência – FR é definido como a razão entre a resistência do concreto alternativo e a de referência. Para o concreto com 50% de substituição, o FR atingiu 0,88 e para 100% atingiu 0,80, aproximadamente. Com estes resultados o dimensionamento dos pavimentos em concreto com adição de RCC podem ter suas resistências de cálculo minoradas para a correção da espessura.

REFERÊNCIAS

- Azevedo, G. O. D. De, Kiperstok, A., Moraes, L. R. S., Oliveira, G., De Azevedo, D., Roberto, L., & Moraes, S. (2006). Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 11(1), 65–72. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522006000100009>
- Levy, S. L. (2001). *Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria*. Escola Politécnica. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Miranda, L. F. R., Angulo, S. C., & Careli, E. D. (2009). A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. *Ambiente Construído*, 9(1), 57–71. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Rodrigues, C.R.S; Fucale, S. (2014). Dosagem de concretos produzidos com agregado miúdo reciclado de resíduo da construção civil. *Ambiente Construído*, 14, 99–111. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000100009>
- Santos, A. G., Teixeira, R. W., Almeida De Mello, E., & Teixeira, J. (2015). Avaliação Do Custo De Construção De Uma Estrutura De Pavimento Empregando Agregado Reciclado De Rcd. *REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, 10(1), 1–13. <https://doi.org/10.5216/reec.v10i1.31557>