



# CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



## ESTUDO DO USO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO

**Marina Pereira Pandolfi**

Acadêmica do curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Pampa  
marinappandolfi@gmail.com

**Maurício Silveira dos Santos**

Professor do curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Pampa  
mauriciosilveira@unipampa.edu.br

**Simone Dornelles Venquiaruto**

Professora do curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Pampa  
simonevenquiaruto@unipampa.edu.br

**Resumo.** *Este trabalho apresenta uma pesquisa sobre a substituição de porcentagens de agregados naturais por resíduos da construção civil (RCC) na confecção de concretos para pavimentação. Para o desenvolvimento do presente trabalho, foram realizados ensaios de resistência à tração, à compressão simples e ensaios de retração dos concretos, para que se possa avaliar a viabilidade na utilização de tais substituições de agregado. Ao final do estudo pode-se notar que traços com substituições parciais de agregado natural por RCC, obtiveram resultados satisfatórios, superando em alguns casos, os valores do concreto referência.*

**Palavras-chave:** *Concreto. Resíduos da construção civil. Pavimento de concreto.*

### 1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é uma das maiores colaboradoras para desenvolvimento socioeconômico mundial, porém, as atividades desse setor geram consequências que afetam o mundo. Os RCC são um exemplo, causando impactos ao meio ambiente. Objetivando a diminuição desses impactos, foi criada a Resolução 307/2002

do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que impõe aos geradores a obrigatoriedade da gestão correta de seus resíduos e correta destinação final [1]. Corroborando com essa resolução, foi sancionada a Lei 12.305, instituindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, reunindo conjunto de princípios, objetivos, diretrizes, metas e ações adotadas pelo Governo Federal, visando o gerenciamento ambientalmente adequado de resíduos sólidos [2].

Lima [3] afirma que a massa produzida de resíduos está entre 10 e 17% da massa da edificação, além da perda em custos, que podem chegar à 11%. Pensando na reutilização desses materiais e reduzir essas perdas, foi realizado um estudo da utilização dos RCC na substituição do agregado graúdo em concretos para pavimentação.

### 2. CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

Segundo DER/PR [4], pavimento de concreto é a camada constituída por placas de concreto de cimento Portland, não armada ou com armadura sem função estrutural, que desempenha tanto a função de base como a de revestimento. O DNIT [5] exige que para

a execução dos pavimentos rígidos, o concreto empregado deve apresentar resistência característica à tração na flexão definida em projeto igual ou superior à 4,5 MPa, apresentar baixa variação volumétrica, garantir grande durabilidade e consumo de cimento maior ou igual à 320 kg/m<sup>3</sup> de concreto.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Dosagem e substituições

Realizou-se a dosagem do concreto pelo método IPT, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, que entende que a melhor proporção entre agregados disponíveis é a que consome menor quantidade de água para obter o abatimento requerido, onde fixa-se a trabalhabilidade e explora diferentes teores de argamassa e relações água/cimento (a/c). Para a realização desse trabalho foi calculado um traço com valor de “m” (areia + brita) de 3,5, teor de argamassa ( $\alpha$ ) de 48% e relação a/c igual à 0,35, obtendo um traço para o concreto de referência: 1 : 1,16 : 2,34 e consumo de cimento C = 500,97 kg/m<sup>3</sup>.

Para os concretos onde foram substituídos agregados naturais por agregados reciclados, adaptou-se o consumo de cimento para cada porcentagem de substituição (5%, 10% e 15%). Essas substituições foram feitas em massa, e a correção do consumo de cimento foi realizada pela Eq. (1):

$$C = \frac{1000}{\frac{1}{\gamma_c} + \frac{a}{\gamma_a} + \frac{b}{\gamma_b} + \frac{RCC}{\gamma_{RCC}} + a/c} \quad (1)$$

Na Tabela 1 encontram-se os correspondentes traços para a confecção de 1m<sup>3</sup> de concreto para cada porcentagem.

Tabela 1. Quantidade de materiais para 1m<sup>3</sup> de concreto (kg/m<sup>3</sup>)

Material	Referência	5%	10%	15%
Cimento	503,97	502,59	501,52	500
Areia	584,6	583,0	581,76	580
Brita	1179,29	1115,75	1058,2	995
RCC	-	60,31	115,35	175
Água	176,39	175,9	175,53	175

Com a finalidade de melhorar a trabalhabilidade de todos os concretos confeccionados, adicionou-se 0,4% de aditivo super-plastificante, tornando-o concreto auto-adensável. Todos os agregados oriundos do RCC utilizados, foram britados até ficarem com a dimensão da brita 1 e adicionados às misturas saturados, para que não absorvessem água da hidratação do cimento.

#### 3.2 Resistência à compressão simples

O ensaio para a determinação da resistência à compressão simples foi realizado segundo a NBR 5739 [6], onde foi confeccionado três corpos-de-prova cilíndricos (10x20 cm) para cada idade (7 e 28 dias) para cada traço, posicionados verticalmente e submetidos a um carregamento aplicado por uma prensa até sua ruptura. A partir desses valores alcançados, calculam-se as resistências médias de compressão através da Eq. (2):

$$f_c = \frac{4 * F}{\pi * D^2} \quad (2)$$

#### 3.3 Tração à flexão

O ensaio de tração à flexão foi realizado seguindo as recomendações da NBR 12142 [7] em CPs prismáticos (10x10x40 cm) os quais são posicionados horizontalmente e sofreram um carregamento constante imposto por uma prensa até sua ruptura. Nesse ensaio, o local onde ocorre essa ruptura é importante para determinação da resistência à tração na flexão. Ocorrendo esse rompimento no terço médio do CP, a

Eq. (3) define a resistência à tração. Caso ocorra fora do terço médio, porém à uma distância não superior 5% da distância entre apoios, a Eq. (4) determina a resistência, caso esteja além dessa distância, o CP é descartado.

$$f_{ctM} = \frac{p \cdot l}{b \cdot d^2} \quad (3)$$

$$f_{ctM} = \frac{3 \cdot p \cdot a}{b \cdot d^2} \quad (4)$$

### 3.4 Retração

Para a execução desse ensaio, tomou-se as recomendações dadas pela ASTM C157 [8]. Os corpos-de-prova foram moldados em formas prismáticas (7x7x28 cm) com pinos introduzidos nas suas extremidades, os quais dão suporte aos CPs para realizar os ensaios.

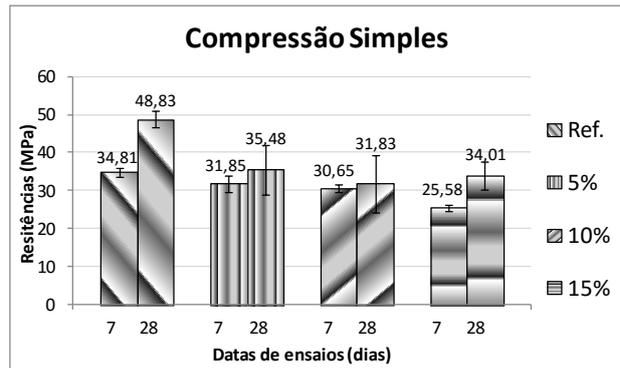
Tomando as medidas de cada corpo-de-prova aos 7 dias de idade como comprimento inicial, repetiu-se o ensaio de 7 em 7 dias, até completarem 28 dias da data da moldagem. Assim pôde calcular a retração de cada traço de concreto nas diferentes idades através da Equação (5).

$$\Delta Lx = \frac{L_{inicial} - Lx}{L_{inicial}} \quad (5)$$

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados alcançados na realização do ensaio de compressão simples, tanto aos 7 quanto aos 28 dias de idade, para cada traço de concreto estão apresentados no Gráfico 1.

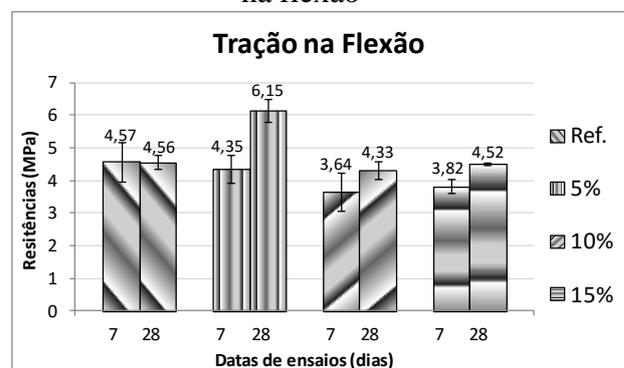
Gráfico 1. Resultados dos ensaios de compressão simples



Nota-se no Gráfico 1, que a resistência à compressão simples reduziu gradualmente, tanto aos 7 como aos 28 dias, conforme aumentou a porcentagem de RCC empregado. Isso se deve pela maior fragilidade do agregado reciclado em relação ao agregado natural, possuindo menor resistência. Porém, aos 28 dias, o CP com 15% de substituição obteve um aumento na média de sua resistência, chegando a aproximadamente 70% da resistência do concreto referência. Esse fato pode ter ocorrido porque o RCC foi adicionado à mistura saturado, e essa água pode ter sido liberada tardiamente, auxiliando na hidratação do cimento, assim, aumento sua resistência.

O Gráfico 2 expõe os resultados do ensaio de tração à flexão, aos 7 e aos 28 dias de idade para cada traço.

Gráfico 2. Resultados dos ensaios de tração na flexão



Verifica-se no Gráfico 2, que aos 28 dias, o concreto com 5% de substituições tem um acréscimo em sua resistência, superando em mais de 30% a resistência do

traço referência. Esse aumento pode ter sido proporcionado também pelo fato de haver água nos poros dos RCC, hidratando tardiamente o cimento, elevando sua resistência. Analisando os resultados aos 7 dias, nenhum traço com substituições de agregado natural atingiu a resistência mínima exigida pelo DNIT [5]. Já aos 28 dias, somente a mistura com 10% não seria recomendada. Averiguando separadamente os resultados dos CPs ensaiados, nota-se que nessa mistura, apenas a resistência de um deles destoa das demais, sendo ela a de um corpo-de-prova que rompeu fora do seu terço médio, assim, sua resistência foi calculada pela Eq. (4), reduzindo sua resistência à tração.

Os resultados do ensaio de retração, realizados no intervalo de 7 dias até completar 28 dias de idade, estão expostos no Gráfico 3.

Gráfico 3. Resultados do ensaio de retração



Observando as médias dos resultados das leituras nos intervalos de tempo, pode-se notar que os traços com 10 e 15% de substituições de agregado graúdo natural por agregado reciclado, mantiveram um padrão, onde num primeiro intervalo de tempo ocorreu grande retração e após houve sua estabilidade. A retração do traço com 5% de substituição, foi linear, sem bruscas variações, podendo não ter atingido aos 28 dias, seu patamar de estabilidade.

## 5. CONCLUSÕES

Pensando na aplicabilidade desses traços de concreto com substituições, de modo

geral, o traço que melhor se comportou em todos os ensaios, foi o com 15% de substituição, pois além de apresentar resistência média à flexão mínima exigida por norma, também obteve menor retração. Analisando um efeito escala, em uma placa de concreto com 5 metros de comprimento, esse traço retrairia aproximadamente 0,56 mm, sendo economicamente viável sua aplicação, por ter maiores quantidades de material reciclado, e atingir bons resultados nos demais ensaios de resistência.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] CONAMA – Resolução CONAMA nº.307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critério e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2002.
- [2] BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2010.
- [3] S. E. Zordan “A utilização do entulho como agregado na confecção do concreto”. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1997, 140p.
- [4] DER/PR – Departamento de Estradas de Rodagem “Pavimentação: Pavimento rígido”. Paraná, 2005. 27 p. Disponível em: <[http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/pdf\\_Pavimentacao/ES-P35-05PavimentoRigido.pdf](http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/pdf_Pavimentacao/ES-P35-05PavimentoRigido.pdf)> Acesso em: ago. de 2017.
- [5] DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes “Manual de pavimentos rígidos” 2ed. – Rio de Janeiro, 2004. 274p.
- [6] NBR 5739 “Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos”. Rio de Janeiro, 2007.

[7]\_\_NBR 12142 “Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão em corpos-de-prova prismáticos”. Rio de Janeiro, 2010.

[8] ASTM C157/C157M – 08 “Standard test method for length change of hardened hydraulic-cement mortar and concrete”, 2008.