

## **Estudo de caso: Avaliação da incorporação de resíduo de britagem de rocha no desempenho de blocos de concreto para pavimentação em Campos dos Goytacazes-RJ**

**(Case study: Evaluation of the incorporation of crushed rock residues in the performance of concrete blocks for paving in Campos dos Goytacazes- RJ.)**

R. C. Cossetti Júnior<sup>1\*</sup>; J. Alexandre<sup>1</sup>, A. R. G. Azevedo<sup>1e 2</sup>; A. A. Siqueira<sup>1</sup>; L. C. G. Botelho<sup>1</sup>; L.S.P. Pessanha<sup>1</sup>; E. B. Zanelato<sup>1</sup>; M.T. Marvila<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

Av. Alberto Lamego, 2000 - Parque California, Campos dos Goytacazes – RJ.

<sup>2</sup> Universidade Federal Fluminense – UFF - Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente. Rua Passo da Pátria, 156 – Bloco D (Escola de Engenharia), São Domingos, Niterói, RJ.

\*renatocossetti@gmail.com

### **Resumo**

*Pavimentos intertravados de concreto são compostos por peças pré-moldadas que surgiram visando desenvolver a estrutura de estradas e vias urbanas. As peças pré-moldadas de concreto exigem alto controle no processo de fabricação por apresentarem características padronizadas. A utilização de resíduos em blocos de concreto é uma boa alternativa na redução do impacto ambiental causado pelo consumo inapropriado de matéria prima. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a incorporação de resíduo de britagem de rocha no desempenho de blocos de concreto para pavimentação, produzidos em Campos dos Goytacazes-RJ. Os blocos foram avaliados pelos ensaios de avaliação dimensional, absorção de água e resistência mecânica. Os resultados indicam a viabilidade da incorporação do resíduo de britagem em blocos de concreto para pavimentação onde existe tráfego de veículos.*

**Palavras-chave:** Bloco de concreto; Desempenho; Resíduo; Pavimentação.

### **Abstract**

*Concrete interlocking pavements are composed of precast parts that have expanded the construction of a structure of roads and urban roads. Precast concrete parts require high control in the manufacturing process because they have standard features. The use of waste in concrete blocks is a good alternative in reducing the environmental impact caused by inappropriate consumption of raw material. In this way, the objective of the work was to evaluate the incorporation of rock crushing residue in the performance of concrete blocks for paving, produced in Campos dos Goytacazes-RJ. The blocks were evaluated by the dimensional evaluation, water absorption and mechanical strength tests. The results indicate the feasibility of the incorporation of the crushing residue into concrete blocks for paving where vehicular traffic exists.*

**Keywords:** Concrete block; Performance; Residue; Paving.

## INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é uma grande consumidora de recursos naturais, e, conseqüentemente, uma grande geradora de resíduos. O concreto é o material construtivo mais utilizado pelo homem, sendo parte desse material composto por agregados. Na fabricação desses agregados, resíduos são gerados. E cada vez mais há a necessidade de uma destinação adequada desses resíduos, sendo uma boa alternativa sua inserção na fabricação de novos produtos, como pisos de concreto para pavimentação. Os pisos intertravados de concreto se tornaram uma boa alternativa na pavimentação de vias, estacionamentos e calçadas. As principais vantagens desse tipo de pavimento são: versatilidade do material, facilidade de estocagem e homogeneidade, a imediata utilização do pavimento, mão de obra não especializada e baixo custo de manutenção [1].

Dentro da perspectiva de sustentabilidade, diversas pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de avaliar o desempenho dos pisos intertravados de concreto quando há incorporação de diferentes resíduos, substituindo parte dos agregados ou parte do cimento.

O resíduo de britagem é oriundo do processo de beneficiamento de rochas para a produção de agregados graúdos e a maior parte de seus grãos é menor que a malha de 4,8 mm.

Lopes e Bacarji (2014) avaliaram o efeito da incorporação de um resíduo mineral proveniente da britagem de rochas, comumente denominado de pó de brita, nas propriedades mecânicas e de durabilidade de pisos intertravados. A incorporação do pó de brita promoveu uma tendência de ganho de resistência de cerca de 11%, sem uma variação significativa da absorção de água, confirmando sua viabilidade técnica e ecológica [2].

Alvarenga (2016) mostrou que a substituição de 50% do agregado miúdo por areia de britagem de granito da região de Campos dos Goytacazes conjuntamente com a cinza da casca de arroz proporcionou um aumento significativo de resistência à compressão aos concretos [3].

A utilização de bloco de concreto é normatizada pela NBR 9781:2013 [4], que fixa os padrões mínimos que esses materiais devem apresentar para que possam ser utilizados como revestimento em pavimentos.

O objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho de blocos de concreto para pavimentação produzidos por uma empresa de Campos dos Goytacazes-RJ e comercializados na região Norte-Fluminense do Rio de Janeiro. Serão avaliados blocos de concreto com traço

convencional (cimento, agregado graúdo, agregado miúdo, aditivos e água) e blocos de concreto com substituição do agregado miúdo por resíduo de britagem de rocha.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### Materiais

Os blocos intertravados de concreto foram coletados na empresa que fabricou os blocos. Foram escolhidos os blocos do tipo A e do tipo B de maneira aleatória nos respectivos lotes. Foi coletado um total de 19 blocos de cada tipo para realização dos ensaios.

O bloco do tipo A tem traço convencional (cimento, agregado graúdo, agregado miúdo, aditivos e água) e os blocos do tipo B tem a substituição de 20% do agregado miúdo do traço A por resíduo de britagem de rocha.

Para análise do desempenho destes blocos de concreto, foram realizados três ensaios: Avaliação dimensional, Absorção de água e Resistência à compressão. Os ensaios foram realizados seguindo as recomendações da NBR 9781:2013[4].

### Métodos

#### Avaliação dimensional

A figura 1 ilustra o tipo de peça de concreto de acordo com a norma NBR 9781:2013 [4].

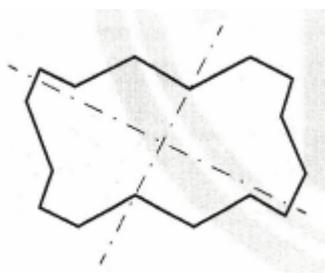


Figura 1: Exemplo de peça do tipo I [4].

Foram realizadas medidas em pelo menos três pontos das dimensões: Comprimento, Largura e Espessura. Foram coletadas 6 amostras para cada lote analisado.

#### Absorção de água

O ensaio consiste na verificação do volume de água absorvido pelo bloco ao ser imerso num recipiente com água por 24 horas ou até o bloco não ter aumento significativo na variação de sua massa em um intervalo de medição de duas horas.

### Resistência à compressão

Para a realização do ensaio, é necessário preliminarmente executar o preparo do corpo de prova através de capeamento, técnica que torna paralela as duas superfícies de ensaio do corpo de prova e necessária para alinhamento das placas auxiliares durante o ensaio.

Após o preparo do corpo de prova, o mesmo é submetido a cargas de compressão através de prensa hidráulica com aplicação constante de força. Para a obtenção da resistência, equação 1, é feita a divisão da carga aplicada pela área além da aplicação de fatores de correção estatísticos pelo desvio padrão  $S$ , conforme equação 2 e o coeficiente de *Student t* de acordo com Tabela I.

$$f_{pk,est} = f_p - t \cdot s \quad (1)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f_p - f_{pi})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

Tabela I : Coeficiente de Student.

<b>n</b>	<b>t</b>
6	0,920
7	0,906
8	0,896
9	0,889
10	0,883

A resistência à compressão é um parâmetro fundamental para o desempenho dos blocos de concreto, já que é a principal solicitação a que os mesmos serão submetidos. Blocos de concreto que não apresentem resistência adequada apresentarão fissuramento que levarão a ruptura antes da vida útil do material [5].

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A Tabela II apresenta os resultados obtidos nos ensaios de avaliação dimensional dos blocos de concreto. Segundo a norma, os valores de dimensão efetiva dos blocos têm tolerância máxima de  $\pm 3$  mm. As dimensões do fabricante são: (240 x 100 x 80).

Tabela II – Resultados do ensaio de avaliação dimensional.

Tipo do Bloco	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Aprovado (A)
				Rejeitado (R)
A	241.70	102.58	77.27	(A)
B	241.75	102.95	77.50	(A)

Como verificado na Tabela II, os resultados da avaliação dimensional dos blocos indicaram adequação dos blocos em relação aos requisitos da norma. Sendo assim, durante a fabricação e cura dos blocos, os mesmos não apresentaram problemas que interferissem na sua geometria [6].

Na Tabela III estão indicados os resultados obtidos no ensaio de absorção de água dos blocos de concreto. Segundo a NBR 9781 [4], a média deve ser abaixo de 6% e nenhum valor individual de absorção deve ser superior a 7% [5 e 6].

Tabela III – Resultados do ensaio de Absorção de água.

Corpo de prova	Tipo	
	Bloco A	Bloco B
1	4.47	4.22
2	4.81	5.13
3	4.72	4.21
4	4.65	4.26
5	4.83	4.05
6	4.52	4.56
Média	4.67	4.41

O ensaio tem fundamental importância para a durabilidade dos blocos de concreto, visto que maiores valores de resultado indicam maior porosidade e maior potencial de apresentar patologias que irão prejudicar o seu desempenho em longo prazo.

Tanto a média quanto os valores individuais se encontram consideravelmente acima dos limites impostos pela norma. Tanto os blocos A quanto os bloco B apresenta valores compatíveis com a norma tanto para a média quanto para os valores individuais. Porém, o Bloco B apresenta desempenho mais satisfatório em relação à absorção de água em comparação ao bloco A [6].

Na Tabela IV estão indicados os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão e a análise estatística proposta pela norma. Para o tráfego de pedestres e veículos

comerciais, conforme requisitos do local de aplicação, a norma especifica que o bloco de concreto deve apresentar valores mínimos de 35 MPa aos 28 dias de cura.

Tabela IV – Análise estatística e resultado da resistência à compressão.

Amostra	Bloco A		Bloco B	
	Força (tf)	Resistência (MPa)	Força (tf)	Resistência (MPa)
<b>1</b>	21.76	38.48	22.20	39.29
<b>2</b>	21.97	38.85	21.80	38.58
<b>3</b>	20.02	35.40	22.03	38.99
<b>4</b>	21.62	38.23	23.07	40.83
<b>5</b>	20.64	36.50	20.60	36.45
<b>6</b>	19.59	34.64	21.01	37.18
	<b>Média</b>	<b>37.02</b>	<b>Média</b>	<b>38.55</b>
	$\Sigma(f_v - f_{vi})^2$	15.49	$\Sigma(f_v - f_{vi})^2$	12.22
	<b>s</b>	1.76	<b>s</b>	1.56
	<b>t</b>	0.92	<b>t</b>	0.92
	<b><math>f_{pk,est}</math></b>	<b>35.39</b>	<b><math>f_{pk,est}</math></b>	<b>37.11</b>

Assim como verificado nos outros ensaios, tanto bloco A como o Bloco B apresentam desempenho satisfatório e atendem o requisito mínimo de 35 MPa. Verifica-se baixa dispersão dos resultados onde a maioria os blocos alcançaram valores acima do mínimo especificado.

A maior resistência à compressão do bloco B pode ser estar associada ao melhor empacotamento gerado a partir da substituição da areia por resíduo de britagem. Serão realizadas outras análises, como da microestrutura, para justificar com precisão este aumento de resistência [6].

A Figura 2 apresenta o modo de ruptura típico dos blocos de concreto.



Figura 2 – Bloco B após a ruptura.

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nos ensaios indicaram que os blocos A e B apresentaram todos os requisitos mínimos para utilização de pavimentação com a finalidade de tráfego leve. Não houveram problemas relacionados a nenhum dos blocos, sendo assim, recomenda-se sem ponderações a utilização dos mesmos.

Os resultados obtidos nos ensaios indicaram uma ligeira melhoria no desempenho do Bloco B em relação ao A. Pode-se concluir assim que a utilização de resíduo de britagem em blocos intertravados para pavimentação afeta positivamente seu desempenho. Estudos posteriores a este irão caracterizar o resíduo e analisar a microestrutura do concreto a fim de explicar o melhor desempenho observado.

## REFERÊNCIAS

- [1] R. C. Lopes; E. Bacariji, Pisos intertravados com a incorporação de resíduos minerais, Revista eletrônica de engenharia civil, volume 9, N° 1 (2014), p. 22-36.
- [2] F.M. da Silva, V.V. Vaz, L.A.G Barbosa, R.C.C Lintz, Avaliação da resistência mecânica de pisos intertravados de concreto sustentáveis (PICS), Matéria, Rio Janeiro(2017),vol.22, N°1.
- [3] L.M.S.C. Alvarenga. “Influência do emprego de resíduo da britagem de granito e de cinza da casca de arroz nas propriedades reológicas e mecânicas do concreto”. Dissertação de Mestrado, UENF, Campos dos Goytacazes, Brasil. 2016.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 9781:2013. Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio.
- [5] A. R. G. de Azevedo et al., "A Study on Public Opinion of Structural Concrete Blocks Incorporated with Ornamental Stone Residue", Materials Science Forum, Vols. 798-799, pp. 481-486, 2014.
- [6] A. R. G. de Azevedo et al., "Relevance of Ornamental Stone Residues in the Manufacture of Concrete Blocks for Structural Masonry", Materials Science Forum, Vols. 798-799, pp. 638-643, 2014.