

# PRODUÇÃO DE CONCRETO POROSO COM ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEU RECICLADO\*

Luana Celeste Silva<sup>1</sup>

Fernando Antonio da Silva Fernandes<sup>2</sup>

## Resumo

Utilizar o material da borracha de pneu inservível (material triturado em partículas graúdas) como substituição parcial ao agregado graúdo para a produção de blocos nos percentuais de 5%, 10%, 15%, 17,5% e 20% da dosagem do concreto poroso. Portanto, por utilizar um material não-renovável colabora com o meio ambiente e diminui o custo final do produto, sendo que o elemento terá uma vantagem a mais do que se fosse fabricado com concreto convencional. Esse trabalho irá caracterizar o bloco de concreto poroso com adição de borracha de pneu triturada nas seguintes propriedades: resistência a compressão, permeabilidade e absorção de água.

**Palavras-chave:** Resíduo de Pneu; Sustentabilidade; Concreto Poroso.

## CHARACTERIZATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF POROSOCONCRETE WITH ADDED RUBBER TIRE RUBBER

### Abstract

Using the unserviceable tire rubber material as a partial replacement to the bulk aggregate for the production of blocks in the percentages of 5%, 10%, 15%, 17,5% and 20% of the dosage of the porous concrete. Therefore, by using a non-renewable material it collaborates with the environment and decreases the final cost of the product, and the element will have an advantage more than if it were manufactured with conventional concrete. This work will characterize the porous concrete block with the addition of crushed tire rubber in the following properties: compressive strength, flexural tensile strength, permeability and water absorption.

**Keywords:** Tire Residue; Sustainability; Concrete Porous.

<sup>1</sup> Engenheira Civil, Palmas, Tocantins, Brasil.

<sup>2</sup> Professor Mestre, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade Católica do Tocantins, Palmas, TO, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil consome cerca de 30% dos recursos naturais extraídos, que corresponde a 220 milhões de toneladas de agregados naturais por ano para serem utilizados na produção de concreto, sendo assim levando à exaustão as reservas naturais em diversos locais. Devido a esse grande índice de consumo, se faz constante a elaboração de vários estudos para a utilização de reciclagem dos mais variados materiais nocivos ao meio ambiente, entre estes os pneus de veículos automotores.

Os agregados reciclados de borracha de pneu são muito promissores na indústria da construção civil, devido às características inerentes a este material: leveza, elasticidade, absorção de energia, propriedades térmicas e acústicas [1].[2] concluíram que o concreto produzido com borracha reciclada melhora algumas propriedades, incluindo melhor isolamento térmico e acústico, baixa densidade e melhorou a durabilidade do concreto.

De acordo com [3] (pág. 2), pneu inservível é aquele que já foi utilizado e que apresente danos irreparáveis em sua estrutura não se prestando mais à rodagem ou à reforma, também declara que:

Quando um pneu chega ao fim de sua vida útil, ou seja, não pode mais continuar rodando em um veículo, ele deve ser deixado em local apropriado, caso de um estabelecimento comercial como uma revenda de pneus e borracharia ou um ponto de coleta de pneus da Prefeitura Municipal, caso exista.

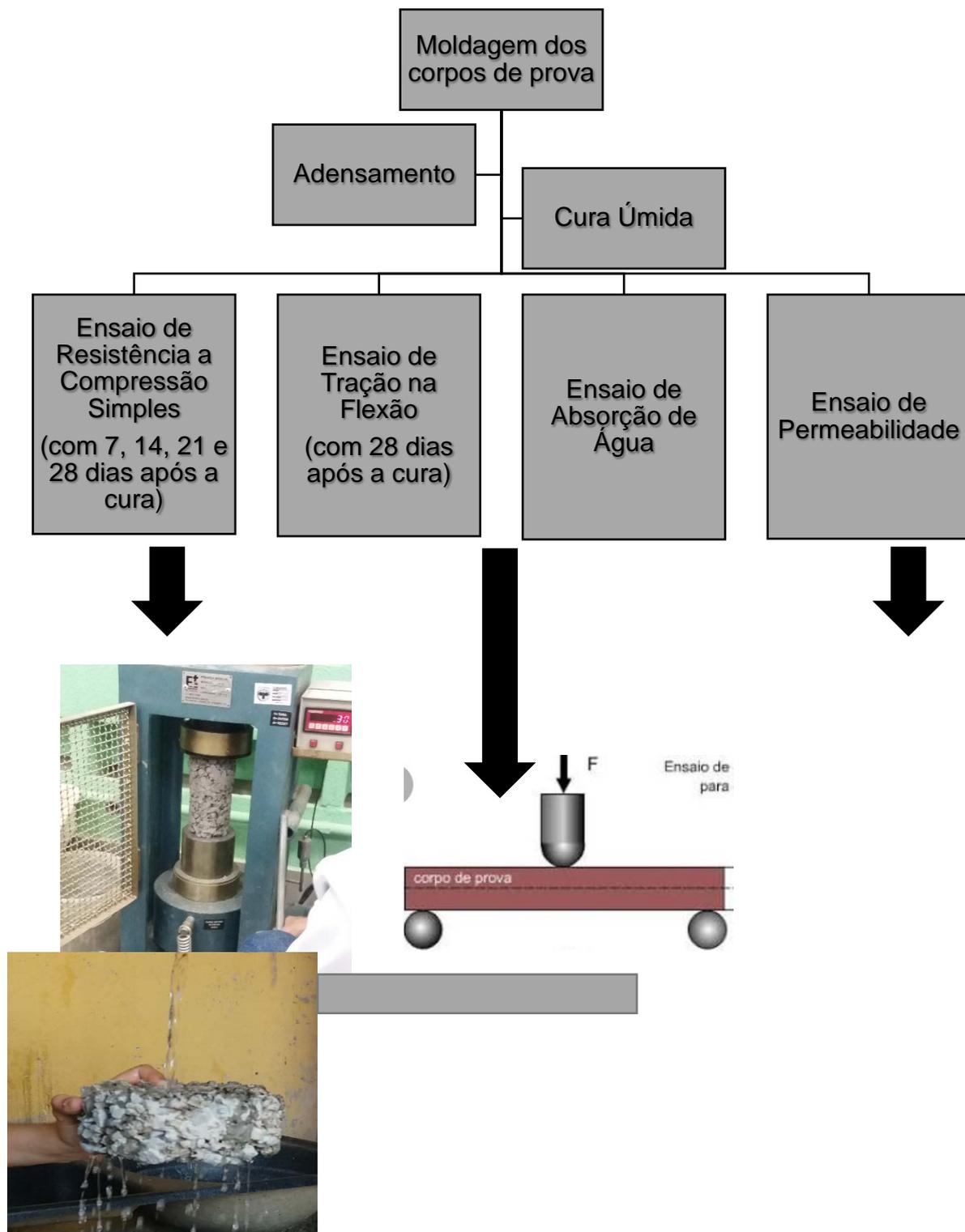
O grande benefício deste material está na absorção de cargas dinâmicas e na resistência à propagação de trincas [4].

O concreto poroso possui características construtivas parecidas com o do concreto convencional, segundo [5], a única diferença é que no concreto poroso não há a adição de agregado miúdo, fazendo com que esse tipo de concreto aumente a porosidade.

De acordo com [6], granulometria, quantidade de cimento, fator água/cimento (a/c) e quantidade de vazios são fatores que devem ser observados para que as características do concreto poroso atinjam o objetivo principal, que é ser um concreto permeável.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Para realização do trabalho, pesquisas foram realizadas de forma bibliográfica, visando um amplo conhecimento acerca do assunto e da disponibilidade de encontrar a borracha de pneu inservível para venda no Brasil. Em auxílio, artigos e postagens online deram o suporte para a pesquisa, que foram citadas na parte de referências deste.

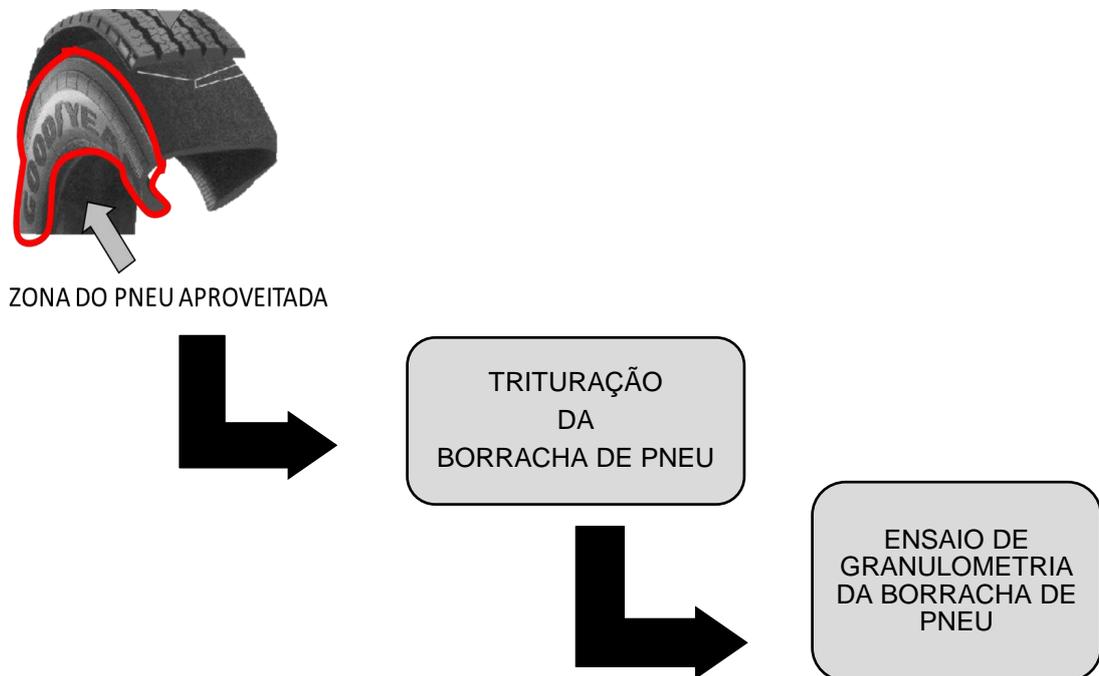


**Figura 1.** Etapas para os ensaios dos corpos de prova. **Fonte.** Elaborada pelo autor.

## 2.1. TRITURAÇÃO DA BORRACHA DO PNEU E ENSAIO DE GRANULOMETRIA

O ensaio para determinar a composição granulométrica da borracha triturada foi realizado de acordo com a [7] e [8]. Será colocado uma amostra de 500 gramas da borracha triturada e do seixo britado no agitador mecânico composto por uma série de peneiras, com determinadas aberturas, fazendo a separação dos grãos. Logo em seguida, retira as peneiras e faz a pesagem das massas da amostra e deve-se

verificar as porcentagens retidas em cada peneira utilizada no ensaio, para então elaborar a curva granulométrica dos dois tipos de agregados.



**Figura 2.** Etapas para o ensaio de granulometria da borracha de pneu inservível. **Fonte.** Elaborada pelo autor.

### 2.1.1. Materiais e métodos utilizados

Os materiais utilizados na produção das misturas do concreto poroso são:

- adição: borracha de pneu inservível triturada;
- água foi utilizada em todos os traços para a fabricação e cura dos corpos de prova, inclusive para o teste de absorção de água;
- agregado: seixo britado;
- cimento Portland CII Z32.



**Figura 3.** Materiais e método utilizado para a dosagem do concreto poroso. **Fonte:** Elaborada pelo autor.

## 2.1. TRAÇOS UTILIZADOS

O traço base utilizado para esse estudo é, em massa (kg) 1:3 (cimento:agregado graúdo) com fator a/c (água/cimento) de 0,36. Assim, denominado de traço base, pois foi usado em todas as dosagens e adicionado diferentes porções em massa da borracha de pneu inservível triturada, correspondente a 5%, 10%, 15%, 17,5% e 20% do volume total do agregado graúdo.

TRAÇO EM MASSA (TRAÇO BASE) (KG)	TEOR DE BORRACHA (%)	QUANTIDADE DE BORRACHA DE PNEU INSERVÍVEL TRITURADA (KG)
	0%	0
1 : 1,05 : 0,9 : 1,76 :	2%	6
0,6 (cimento : seixo :	5%	15
areia : pó de brita :	7%	20
água)	10%	30

**Tabela 1.** Traços ensaiados. **Fonte:** Elaborada pelo autor.

## 2.2. MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA

A mistura do aglomerante, agregados e água foi realizado na betoneira. Os materiais foram colocados na betoneira na seguinte ordem: seixo britado, cimento, borracha de pneu triturado e a água.

Foram moldados corpos de prova do formato cilíndrico, de acordo com a [9] e em placas (prismáticos) para verificar a permeabilidade do concreto.



**Figura 3.** Corpos de prova cilíndrico e placa (prismático). **Fonte.** Elaborada pelo autor.

## 2.3. ENSAIOS DE LABORATÓRIO

### 2.3.1 Ensaio para determinação de absorção de água

Para a determinação de absorção de água, utilizou os métodos baseados na [10], onde se pesou os corpos de prova saturado e os secos. Para encontrar, em porcentagem, o índice desejado, utiliza-se a equação 1:

$$\frac{M_{\text{saturada}} - M_{\text{seca}}}{M_{\text{seca}}} \times 100(1)$$

**Onde:**

$M_{\text{saturada}}$  = massa do bloquete saturado;

$M_{\text{seca}}$  = massa do bloquete seco;

O ensaio de absorção de água, indica o nível de porosidade do concreto poroso. Sendo assim, é possível dizer que quanto menor a quantidade de água que a peça absorve, conseqüentemente, maiores poderão ser suas resistências mecânicas e suas características técnicas.

### 2.3.2. Ensaio para determinação de resistência a compressão

Para a determinação de resistência à compressão, utilizou os métodos baseados na NBR 9781, a prensa manual, modelo FT 02, N/S 0057, com capacidade de 100 toneladas, da marca Fortest.

A figura 4 ilustra um dos bloquetes na prensa, para a realização do teste de resistência à compressão.



**Figura 4.** Teste de resistência à compressão. **Fonte.** Elaborada pelo autor.

### 3. RESULTADOS

Os quadros 2 e 3 apresentam os valores obtidos após a realização do ensaio de granulometria (quantidade de material retido em cada peneira em gramas e em porcentagem, porcentagem de material acumulada e porcentagem de material passante em cada peneira) inclusive os diâmetros das peneiras que foram utilizadas no ensaio.

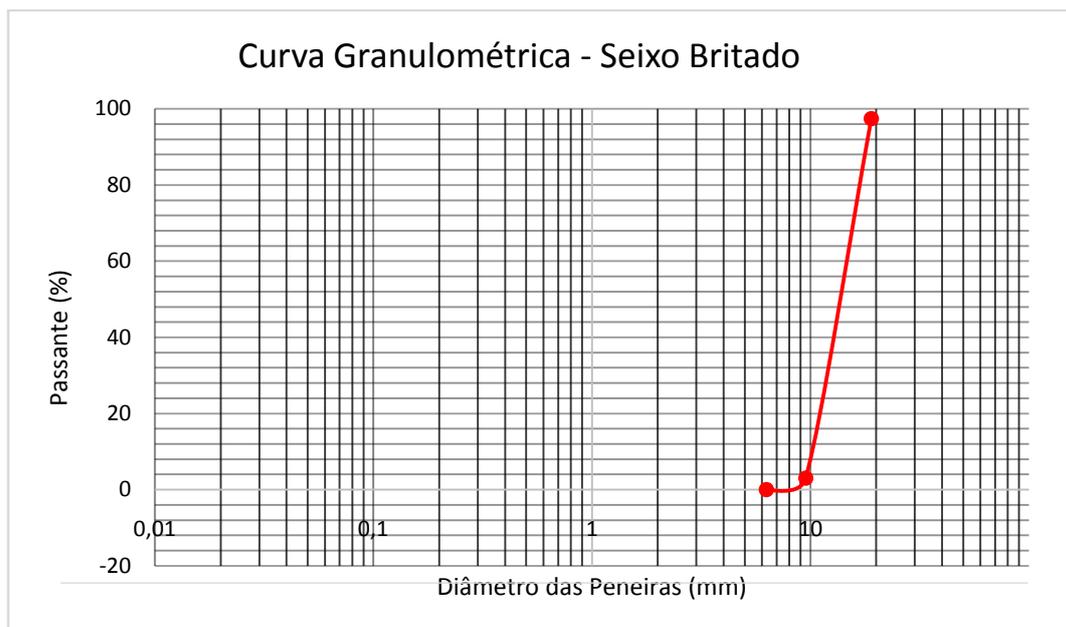
PENEIR A	Φ PENEIRA (MM)	MATERIAL RETIDO (G)	%RETIDA	%ACUMULADA	%PASSANTE
1	19	0,013	2,6	2,6	97,4
2	9,5	0,487	97,4	100	0
3	6,3	0	0	-	-
4	fundo	0	0	-	-
Σ	-	500	100	-	-

**Tabela 2.** Resultados do ensaio de granulometria para o seixo britado. **Fonte.** Elaborada pelo autor.

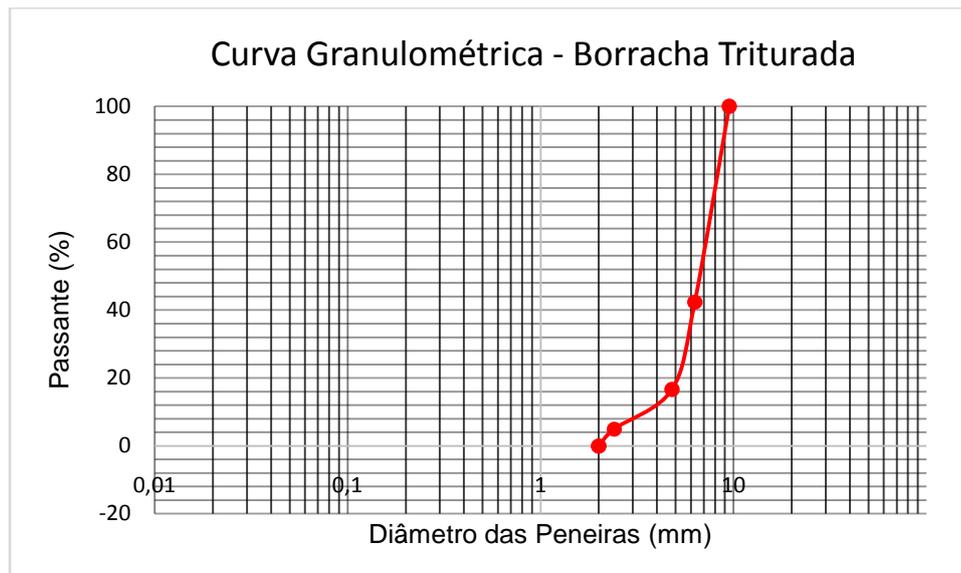
PENEIRA	Φ PENEIRA (MM)	MATERIAL RETIDO (G)	%RETIDA	%ACUMULADA	%PASSANTE
1	9,5	0,162	32,4	32,4	67,6
2	6,3	0,209	41,8	74,2	25,8
3	4,8	0,071	14,2	88,4	11,6
4	2,4	0,056	11,2	99,6	0,4
5	2	0,002	0,4	100	0
6	fundo	0	0	-	-
Σ	-	500	100	-	-

**Tabela 3.** Resultados do ensaio de granulometria para a borracha triturada. **Fonte.** Elaborada pelo autor.

A elaboração da curva granulométrica do ensaio, permite melhor compreensão e possibilita uma melhor avaliação para a escolha da granulometria mais contínua, conforme pode ser visto nos Gráfico 1 e 2.



**Gráfico 1.** Curva granulométrica do agregado (seixo britado). Valores arredondados automaticamente pelo software. Elaborado pelo software Microsoft Excel for Windows. **Fonte.** Elaborada pelo autor.



**Gráfico 2.** Curva granulométrica do agregado (borracha triturada). Valores arredondados automaticamente pelo software. Elaborado pelo software Microsoft Excel for Windows. **Fonte.** Elaborada pelo autor.

Todas as placas que foram submetidas ao teste obtiveram resultados satisfatórios, ou seja, em um curto período de tempo, foi capaz de permitir a passagem de quase toda a água do qual foi submetido.

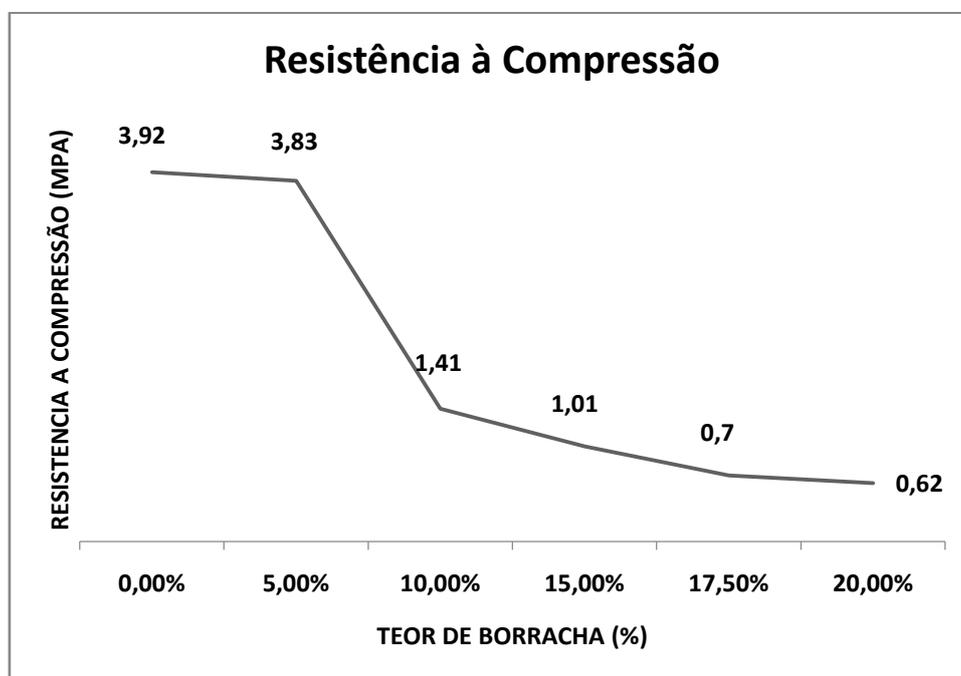


**Figura 5.** Teste de permeabilidade do concreto. **Fonte.** Elaborada pelo autor.

Para o ensaio de resistência a compressão foram ensaiados vários corpos de provas, de acordo com a norma técnica e os resultados aqui apresentados se referem a média aritmética dos resultados de resistência a compressão (tnf/cm<sup>2</sup>).

Teor da Adição da Borracha Triturada	Data de Fabricação	Resistência a Compressão (tnf/cm <sup>2</sup> )
0%	30/03/2017	3,92
5%	31/03/2017	3,83
10%	04/04/2017	1,41
15%	04/04/2017	1,01
17,50%	05/04/2017	0,70
20%	06/04/2017	0,62

**Tabela 3.** Resultados da média aritmética do ensaio de resistência a compressão. **Fonte.** Elaborada pelo autor.



**Gráfico 3.** Apresentação dos resultados de resistência à compressão para os bloquetes tipo 2. Valores arredondados automaticamente pelo software. Elaborado pelo software Microsoft Excel for Windows. **Fonte.** Elaborado pelo autor.

### 3 CONCLUSÃO

Em contribuição com o meio ambiente, está utilizando a borracha de pneu inservível triturada como adição no concreto poroso, está contribuindo positivamente na redução desses resíduos. Que apesar de ter normas de destinação final, ainda esse material é um grande problema na natureza. É perceptível também que, da maneira que aumenta a adição do resíduo da borracha no concreto dos blocos tem-se uma considerável redução na resistência à compressão, em relação ao concreto feito com o traço base.

Desde o início, a pesquisa foi realizada com os traços já definidos, assim impossibilitando o aperfeiçoamento no traço ao decorrer do trabalho. No entanto,

pode ser que com outros traços e outros tipos de material, obtenha-se melhores resultados.

Os materiais utilizados no trabalho foram todos obtidos na cidade de Palmas-TO, portanto não foi usado, considerado popularmente, o melhor material e sim o que tinha disponível e de fácil acesso e manuseio.

Quanto a granulometria da borracha triturada e do seixo britado, conclui-se que o comportamento na dosagem do concreto é de agregado graúdo ( $\Phi \geq 4,8$  mm) e agregado miúdo ( $\Phi < 4,8$  mm).

Os valores mínimos exigidos pela norma brasileira, para o ensaio de resistência à compressão, fazem com que os blocos tenham que suportar resistência muito alta, sem levar em consideração que esse tipo de concreto também pode ser e é utilizado em ambientes com sobrecargas bastante baixa. Com isso, é possível concluir que esse tipo de concreto obteve resultados satisfatórios em todos os ensaios dos quais ele foi submetido, sendo assim ele pode ser utilizado em locais onde exigem os esforços do qual ele resiste e se a norma brasileira permitir o seu uso.

## REFERÊNCIAS

- 1 RODRIGUES, J. P. C.; SANTOS, C. C. Resistência à compressão a altas temperaturas do betão com agregados reciclados de borracha de pneu. In: CONGRESSO IBERO LATINO AMERICANO SOBRE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO, 2, 2013, Coimbra. Anais... Coimbra: CILASCI, 2013. p. 1-10.
- 2 TURATSINZE, A.; GARROS, M. On the modulus of elasticity and strain capacity of self compacting concrete incorporating rubber aggregates. Resources, Conservation and Recycling, Amsterdam, v. 52, p. 1209-1215, 2008.
- 3 CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 416, de 30 de setembro de 2009. Revisão da Resolução 258/99 – Destinação final de forma ambientalmente adequada e segura de pneumáticos. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=616>>. Acesso em: 01 maio, 2016.
- 4 Garrick, G. Analysis of waste tire modified concrete. In: 2004 ME Graduate Student Conference (2004).
- 5 URBONAS, B.; STAHRÉ, P., 1993. Stormwater Best Management Practices and Detention. Prentice Hall, EnglewoodCliffs, New Jersey. 450p.
- 6 AZAÑEDO, W.H.M., HELARD, C.H., MUÑOZ, R.G.V., Diseño de mezcla de concreto poroso con agregados de lacantera La Victoria, cementopórtland tipo i conadición de tiras de plástico, y suaplicaciónen pavimentos rígidos, enlaCiudad de Cajamarca, Universidade Nacional de Cajamarca, 2007.
- 7 NBR NM 248 – Agregados – Determinação da composição granulométrica, Rio de Janeiro, 2003.
- 8 NBR NM 26 – Agregados – Amostragem, Rio de Janeiro, 2001.
- 9 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2016.

- 10 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9778 – Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009.
- 11 ALVES, F. A. de O.; COSTA, A. R. Técnicas compensatórias no controle de cheias urbanas. In: CURSO Básico de Hidrologia Urbana. Núcleo Regional Centro-Oeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. Dep. Eng. Civil da Universidade Federal de Goiás, 2007. Cap. 5, p. 54-66.
- 12 ACI COMMITTEE 522. 522R-10 Report on Pervious. 2010, 38p.
- 13 MOTTA, F. G. A cadeia de destinação dos pneus inservíveis: o papel da regulação e do desenvolvimento tecnológico. Ambiente & sociedade, v. 11, n. 1, p. 19, 2008.  
SILVA, M. J. DA. Preparação e Caracterização Elétrica do Compósito de Poliuretano/Negro de Fumo. p. 101, 2009.
- 14 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2016.
- 15 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739 – Concreto- Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
- 16 SANDES, Valmara de Souza. Estudos sobre a qualidade dos blocos de concreto em fábricas de Feira de Santana. 2008. 61 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008.
- 17 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2005