

## **ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO CONCRETO PRODUZIDO COM ADIÇÕES DE RESÍDUOS DE BORRACHA DE PNEU COMO PARTE DO AGREGADO MIÚDO**

L. R. Izídio Júnior<sup>1</sup>; F. A. da Silva Júnior<sup>1</sup>; D. D. Pereira<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas – UFERSA  
Rua Francisco Mota, 572, Costa e Silva, Mossoró, RN – Brasil  
[lazarojunior1994@gmail.com](mailto:lazarojunior1994@gmail.com)

### **RESUMO**

*O processo de recauchutagem de pneus é bastante praticado no Brasil, com o objetivo de amenizar os descartes dos mesmos ao meio ambiente. Este processo torna o pneu novamente apto ao uso, porém durante sua execução são gerados resíduos de borracha que podem ser bastante prejudiciais ao meio ambiente. Um possível destino para estes resíduos é utilizá-los na construção civil, em particular, no concreto. Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência da substituição de areia por resíduo de borracha de pneu (RBP), provenientes do processo de recauchutagem, na trabalhabilidade e resistência do concreto. Para isso realizou-se estudos quanto às características mecânicas e plásticas que essa adição provoca em amostras de concreto com substituições parcial do RBP em relação à massa do agregado miúdo em teores de 5,0 %, 10,0 % e 15,0 % avaliando-se a trabalhabilidade destes, e posterior realização dos ensaios de compressão e tração por compressão diametral.*

Palavras-chave: concreto, resíduos de borracha de pneu, ambiente.

### **INTRODUÇÃO**

O desenvolvimento da sociedade está provocando cada vez mais a busca pelo avanço tecnológico, inclusive existe hoje uma preocupação considerável de grande parte dos pesquisadores pelo mundo quanto às alternativas para diminuição dos impactos gerados pelo crescimento das indústrias.

Nas indústrias automobilísticas não acontece diferente, o crescimento populacional gera uma grande demanda por veículos. Como consequência disso, a degradação ambiental ocorre de forma acelerada aumentando cada vez mais os impactos ambientais, desde a extração da matéria prima para fabricação das peças dos automóveis, até aos descartes dos produtos inservíveis no ambiente, como os pneus, que possuem bastante dificuldade de decomposição na natureza. Visando encontrar uma maneira de reutilizar os pneus que não estão em condições de uso, foi desenvolvido o processo de recauchutagem que os tornam novamente adequados ao uso, aumentando seu ciclo de vida. Esse processo, entretanto, gera resíduos de borracha devido ao processo de raspagem da banda de rolagem remanescente durante o procedimento de recauchutagem. Isso quer dizer que mesmo que o processo aumente o ciclo de vida do pneu, ainda continuarão a existir resíduos sólidos degradando o ambiente.

Na construção civil, existe um vasto campo de pesquisa para descobrir formas de reciclagem de diversos materiais. Pensando na problemática dos descartes dos pneus e a geração de resíduos de borracha no processo de recauchutagem, pesquisadores começaram a realizar testes desses resíduos em compósitos, seja na fabricação de concreto de alto desempenho, ou blocos de concreto pré-fabricados, procurando saber quais propriedades os resíduos de borracha podem trazer ao material estudado.

Neste trabalho, foram realizados estudos sobre o aproveitamento dos resíduos de borracha de pneu (ou simplesmente RBP), oriundos do processo de recauchutagem, em concretos como parte do agregado miúdo da mistura, com o objetivo de conhecer a influência que a adição do mesmo causa ao concreto, avaliando suas propriedades no estado fresco (trabalhabilidade e consistência) bem como no estado endurecido, através de ensaios de resistência à compressão axial e compressão diametral, conhecendo desta forma suas resistências à compressão e a tração, para diferentes teores de RBP presentes na mistura.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Materiais

O aglomerante utilizado na mistura foi o cimento Portland CP III – 40 RS, que é bastante comercializado no Rio Grande do Norte, Estado onde este trabalho foi

desenvolvido. Segundo sua nomenclatura, o cimento utilizado é resistente a sulfatos (RS) e sua resistência à compressão aos 28 dias de cura é de 40 MPa.

O agregado miúdo utilizado foi a areia passada na peneira de malha # 4,75 mm, com massa específica de 2,60 g/cm<sup>3</sup>. Os grãos com dimensões superiores a estas podem ser classificados como pedregulhos e não serão utilizados na composição do concreto estudado. Além da areia, foi utilizado também como agregado miúdo o resíduo de borracha de pneu (RBP) oriundo do processo de recauchutagem, com massa específica de 1,16 g/cm<sup>3</sup>, em teores de 5%, 10% e 15% em relação à massa de areia para sua substituição parcial.

Como agregado graúdo, foi utilizada a brita granítica com dimensão máxima característica igual a 19,00 mm, que a classifica como brita 01.

Para o amassamento do concreto<sup>(1)</sup>, foi utilizada água potável obtida de abastecimento público, disponibilizada por concessionária local.

Foi utilizado ainda um aditivo plastificante líquido de pega normal<sup>(2)</sup>, onde sua composição é à base de sais sulfonados e carboidratos em meio aquoso.

O hidróxido de sódio (NaOH) foi utilizado para o tratamento do RBP. Este material é o mais indicado para este procedimento<sup>(3)</sup> e também é o mais utilizado pelos pesquisadores que estudam sobre o assunto.

## Métodos

A partir do traço de referência definido em 1,0: 2,0: 2,5: 0,6: 0,3% (onde estas proporções são em massa de cimento: areia: brita granítica: relação água/cimento: porcentagem de aditivo plastificante em relação à massa de cimento), foram feitas substituições parciais de areia por RBP em teores de 5,0 %, 10,0 % e 15,0 %. Resultando nos traços exibidos na Tabela 1.

Tabela 1 – Proporções em massa dos traços com as substituições de areia por RBP.

RBP	Cimento	Areia	RBP	Brita	a/c	adt(%)
0,0%	1,00	2,00	0,00	2,50	0,60	0,30
5,0%	1,00	1,90	0,10	2,50	0,60	0,30
10,0%	1,00	1,80	0,20	2,50	0,60	0,30
15,0%	1,00	1,70	0,30	2,50	0,60	0,30

O RBP foi previamente tratado em solução de 1 Mol de Hidróxido de Sódio (NaOH), para então ser misturado ao agregado miúdo (areia).

Os insumos foram separados, pesados em balança digital e em seguida foram misturados através de betoneira. Os materiais foram inseridos na betoneira na seguinte ordem: primeiro o agregado graúdo seguido pelo agregado miúdo, depois introduzida parte da água de amassamento com plastificante dissolvido; após esta mistura estar bem homogeneizada, foi adicionado o cimento Portland seguido pelo restante do plastificante dissolvido em água. Os materiais foram misturados na betoneira por um período de tempo suficiente para que a mistura se tornasse totalmente homogênea<sup>(4)</sup>.

Logo após a mistura de cada traço de concreto ser finalizada, foi realizado o ensaio para determinação da sua consistência e trabalhabilidade no estado fresco<sup>(5)</sup>.

Foram confeccionados corpos-de-prova com moldes no formato cilíndrico<sup>(6)</sup> com diâmetro de 10 cm e altura de 20 cm. Todos os corpos-de-prova foram adensados através de vibrador (Figura 3.5). Para cada traço estudado, foram moldados 10 corpos de prova (cinco para ensaio de compressão axial e cinco para ensaio de tração por compressão diametral), totalizando em um total de 40 unidades.

Passado 24 horas após o processo de moldagem dos corpos-de-prova, os mesmos foram submersos em água durante um período de 28 dias para que ocorresse o processo de cura<sup>(6)</sup> e em seguida foram submetidos aos ensaios de compressão axial<sup>(7)</sup> e diametral<sup>(8)</sup>, para conhecer suas resistências à compressão e à tração, respectivamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a introdução do RBP, observou-se uma tendência à diminuição das trincas, após a ruptura, com o aumento da concentração do RBP no concreto, como. Isto pode ser explicado pelo fato do RBP ser fibrilar e propiciar uma maior ligação entre as partes rompidas, fazendo uma costura interna no concreto, o que propicia o não esfarelamento em pequenas partículas. O concreto rompe, mas não se desprende totalmente.

Quanto às propriedades do concreto no estado fresco, os resultados foram obtidos a partir do ensaio de trabalhabilidade por abatimento de tronco de cone, conforme comentado anteriormente, onde os resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Trabalhabilidade do concreto para os traços estudados

Teor de RBP	Abatimento (mm)
0,0% (Referência)	95,0
5,0%	80,0
10,0%	76,0
15,0%	71,0

Houve redução no abatimento do concreto conforme os teores de RBP eram acrescentados na mistura, ou seja, ocorreu um ganho de consistência e conseqüentemente perda na trabalhabilidade do concreto. Esta perda pode ser explicada pelo aumento do nível de fricção entre as partículas de agregado de borracha e os demais constituintes do concreto, bem como à redução da densidade da mistura plástica<sup>(9)</sup>.

Com estes valores, pode-se concluir que no quesito trabalhabilidade os resultados foram satisfatórios, pois a dosagem do plastificante e a relação água/cimento estavam dentro das faixas recomendáveis e os abatimentos de todos os traços permaneceram com valores aceitáveis.

Quanto às propriedades mecânicas, foram obtidos os valores de resistência à compressão e à tração de cada traço estudado através dos ensaios de compressão axial e diametral.

Os valores médios resultantes do ensaio de compressão axial estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Médias de resistência à compressão para cada teor de RBP e suas perdas de resistência

Teor de RBP	Resistência à compressão média - $f_{cm}$ (MPa)	Desvio Padrão	Coef. Var. (%)	Perda de resistência (%)
REF (0,0%)	24,82	0,899	3,62	-
5,0%	21,64	1,340	6,19	12,81
10,0%	16,49	0,319	1,93	33,55
15,0%	7,40	0,268	3,62	70,18

As perdas de resistência à compressão foram bastante elevadas, diminuindo em até 70,18% para o traço com 15,0% de RBP em relação ao traço de referência. Os traços com 10,0% e 5,0% de RBP também tiveram perdas significativas na

resistência à compressão: 12,81% e 33,55%, respectivamente. Apesar da perda na resistência, o traço com 5,0% de RBP ainda apresentou uma resistência à compressão de 21,64 MPa.

A perda de resistência do concreto produzido com RBP em sua mistura pode ser explicada pelo fato de existirem concentrações de tensões na pasta ao redor das fibras de borracha, como também a própria substituição de parte da areia por resíduos de borracha, ou seja, um material mais resistente por um menos resistente<sup>(10)</sup>.

Os valores médios resultantes do ensaio de compressão diametral estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Médias de resistência à tração para cada teor de RBP e suas perdas de resistência

Teor de RBP	Resistência à tração média - $f_{ctm}$ (MPa)	Desvio Padrão	Coef. Var. (%)	Perda de resistência (%)
REF (0,0%)	2,03	0,170	0,084	-
5,0%	1,77	0,140	0,078	12,62
10,0%	1,52	0,090	0,059	25,23
15,0%	1,07	0,080	0,076	47,08

Como pode ser observado, ocorreram perdas na resistência à tração do concreto com RBP em sua mistura, chegando ao valor de 47,08% de perda na resistência para o traço com 15,0% de RBP. Comparadas com as perdas na resistência à compressão (70,18% para o traço com 15% de RBP), as que ocorreram na resistência à tração foram em menor intensidade, porém ainda com valores bastante significativos.

## CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, pode-se chegar à conclusão de que o RBP pode ser utilizado como parte do agregado miúdo em misturas de concreto, desde que em pequenas quantidades. Uma vez que se aumenta o teor de RBP na mistura de concreto, o mesmo perde propriedades importantes como a resistência mecânica e a trabalhabilidade.

Com o desenvolvimento deste trabalho, puderam-se constatar os seguintes fatos:

- A adição do resíduo de borracha de pneu provoca aumento na consistência do concreto no estado fresco, ou seja, uma diminuição na sua trabalhabilidade. Isso implica em uma maior dificuldade no adensamento da mistura.
- O concreto produzido com RBP é mais tenaz que o concreto produzido sem RBP com o mesmo traço. Isso pôde ser observado após as rupturas dos corpos-de-prova no ensaio de compressão axial, onde o concreto com RBP apresentou fissuras bastante reduzidas em comparação com o traço de referência.
- Tanto a resistência à compressão como à tração diminuíram conforme o teor de RBP foi aumentado. Esse fato pode ter ocorrido por diversos motivos. Um deles é pela concentração de tensão gerada na pasta ao redor das fibras de borracha.
- O concreto produzido com 5,0 % de RBP no traço estudado pode ser utilizado como concreto estrutural, uma vez que apresentou boas resistências à compressão e à tração. Além disso, seu abatimento estava dentro de valores recomendáveis.

A perda na resistência mecânica do concreto com RBP como parte do agregado miúdo já era esperada, pois estava sendo substituído um material mais resistente (areia) por um menos resistente (borracha).

## REFERÊNCIAS

(1) ASSOCIAÇÃO BRASIEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15900 – Água para amassamento do concreto**. Rio de Janeiro, 2009.

(2) ASSOCIAÇÃO BRASIEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 11768/2011 – Aditivos para concreto de cimento Portland**. Rio de Janeiro, 2011.

(3) SEGRE, N. C.. **Reutilização de borracha de pneus usados como adição em pasta de cimento**. Tese (Programa de Pós-Graduação em Química) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1999.

(4) ASSOCIAÇÃO BRASIEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12655/2006 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2006.

<sup>(5)</sup>ASSOCIAÇÃO BRASIEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 67/1998 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento de tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.

<sup>(6)</sup>ASSOCIAÇÃO BRASIEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5738/2003 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2003.

<sup>(7)</sup>ASSOCIAÇÃO BRASIEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5739/2007 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2007.

<sup>(8)</sup>ASSOCIAÇÃO BRASIEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7222/2011 – Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2011.

<sup>(9)</sup>BATAYNEH, M. K.; MARIE, I.; ASI, I.. **Promoting the use of crumb rubber concrete in developing countries.** Waste Manage. 2008; 28:2171-6.

<sup>(10)</sup>TOPÇU, I. B.; AVCULAR, N.. **Collision behaviours of rubberized concrete.** Cement and Concrete Research. 1997; 27:1893-8.

## **STUDY OF CONCRETE BEHAVIOR PRODUCED WITH TIRE RUBBER WASTE ADDITIONS AS PART OF FINE AGGREGATE**

### **ABSTRACT**

*The process of tire retreading is widely practiced in Brazil, aiming to soften the disposal thereof to the environment. This process makes the tire again fit for use, but during its execution are generated waste rubber that can be quite harmful to the environment. One possible destination for these wastes is to use them in construction, particularly in concrete. This study aims to evaluate the influence of sand replacement by tire rubber residue (RBP) from the retreading process, the workability and strength of concrete. To this was carried out studies the mechanical*

*and visual characteristics that such addition causes concrete samples with partial substitution of RBP to mass ratio of the fine aggregate in amounts of 5.0%, 10.0% and 15.0% evaluating himself to workability of these, and subsequent implementation of the compression tests and traction for diametrical compression.*

Key-words: concrete, tyre rubber waste, environment.