

## **Avaliação das propriedades de blocos de concreto intertravados, com estudo comparativo de misturas adicionadas de borracha de pneus inservíveis e resíduos de Construção e demolição**

**Natália Barros Vianna de Oliveira**

*Centro Universitário de Brasília - UniCEUB, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS, Brasília (DF), Brazil  
nataliabvoliveira@gmail.com*

**Paulo Henrique de Sousa Pereira**

*Centro Universitário de Brasília - UniCEUB, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS, Brasília (DF), Brazil  
paulohsousap@gmail.com*

**Jairo Furtado Nogueira**

*Centro Universitário de Brasília - UniCEUB, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS, Brasília (DF), Brazil  
jairo.nogueira@uniceub.br*

**ABSTRACT:** Este trabalho apresenta um modelo de bloco de concreto com a utilização de pneus inservíveis no meio ambiente, no qual valoriza a vertente da sustentabilidade na construção civil. No projeto proposto, foram utilizados os materiais não convencionais: pneu e areia de resíduos de construção e demolição (RCD), com agregado e objetivo de analisar um padrão aceitável para a utilização deles na massa de concreto. Os traços utilizados foram adequados para a verificação da fôrma projetada para o bloco, exigindo uma umidade ideal para alcançar o desempenho almejado para o processo de fabricação. Procurou-se comparar uma mistura convencional de bloco de concreto com uma mistura substituindo parte da brita por borracha triturada de pneus e areia de resíduo de construção e demolição (RCD), realizando ensaios de caracterização dos materiais, de compressão simples e teste da fôrma. Foi mostrado onde existem pontos mais frágeis, que necessitam de um maior cuidado na hora da fabricação, desforma e transporte do bloco. A pesquisa enfatiza a importância da vibração para a execução correta dos blocos confeccionados, diminui o tempo de produção e facilita o adensamento, sempre respeitando as normas exigidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) relacionadas a este estudo.

**Keywords** *Bloco de concreto; pneu; intertravamento; concreto sustentável; sustentabilidade; areia de RCD.*

## **1. INTRODUÇÃO**

Nos últimos tempos, após o ser humano diagnosticar que o planeta está sendo prejudicado por suas próprias ações, surgiu a necessidade de se amenizar os impactos que os resíduos geram no meio ambiente, nascendo assim, basicamente, o conceito de sustentabilidade.

Diariamente, uma quantidade de pneus é descartada em locais indevidos, gerando áreas de proliferação de doenças e de poluição do meio ambiente.

Após muito estudo, e a realização de vários ensaios, os resultados mostram que a utilização deste tipo de material não convencional é recomendada na construção civil, auxiliando dessa forma na despoluição do meio ambiente, e no desenvolvimento de novas tecnologias nesta área.

## **2. OBJETIVO**

Como forma de contribuir para os estudos desses materiais não convencionais, este trabalho tem como objetivo principal avaliar o desempenho de traços de concreto para blocos, misturados com partículas de pneu e areia de resíduo de construção e demolição (RCD) por meio de ensaios de resistência a compressão e de caracterização dos materiais utilizados.

## **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1 Blocos de Concreto**

O mercado da construção civil oferece opções de tijolos e blocos feitos com diferentes matérias-primas e tamanhos. Divididos em duas categorias: estruturais ou de vedação, sistemas responsáveis pela qualidade da construção e pelos gastos gerados na obra. Nesse trabalho optou-se em desenvolver o estudo com o bloco de concreto devido o processo de fabricação das peças não necessitar da queima, seguindo todas as normas descritas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

### **3.2 Tipos de Cimento**

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) há diferentes tipos de cimentos disponíveis no Brasil, o que confere uma grande variedade de opções para todos os tipos de obra. Os cimentos citados pela ABCP são descritos na Tabela 1:

Tabela 1 – Tipos de Cimento. Fonte: ABCP, 2013.

Tipo de Cimento	Adições	Sigla	Norma
Cimento Portland Comum	Escória, pozolana ou filler (até 5%)	CP I-S 32	5732
		CP I-S 40	
	Escória (6-34%)	CP II-E 32	
		CP II-E 40	
Cimento Portland Composto	Pozolana (6-14%)	CP II-Z 32	11578
	Filler (6-10%)	CP II-F 32 CP II-F 40	
Cimento Portland de Alto-Forno	Escória (35-70%)	CP III 32	5735
		CP III 40	
Cimento Portland Pozolânico	Pozolana (15-50%)	CP IV 32	5736
Cimento Portland de Alta Resistência Inicial	Materiais carbonáticos (até 5%)	CP V-ARI	5733
Cimento Portland Resistente aos Sulfatos	Estes cimentos são designados pela sigla RS. Ex.: CP III-40 RS, CP V-ARI RS		5737

### 3.2.1 Conceitos relacionados aos cimentos CP III e CP IV

O consumo apreciável de energia durante o processo de fabricação de cimento motivou mundialmente a busca de medidas para reduzir o consumo energético. Uma das alternativas de sucesso foi o uso de escórias granuladas de alto-forno e materiais pozolânicos na composição dos chamados CP III - Cimento Portland de Alto-Forno e CP IV - Cimento Portland Pozolânico respectivamente.

## 3.3 Materiais não convencionais

### 3.3.1 Pneu

Por volta de 1830, Charles Goodyear, descobriu acidentalmente que a borracha cozida a altas temperaturas com enxofre, mantinha suas condições de elasticidade no frio ou no calor. Estava descoberto o processo de vulcanização da borracha que, além de dar forma ao pneu, aumentou a segurança nas freadas e diminuiu as trepidações nos carros. Mesmo sendo o pioneiro no conhecimento da tecnologia, foram os irmãos Michelin, em 1845, que patentearam o pneu para automóvel.

As etapas iniciais de desenvolvimento dos pneus (Figura 2) ainda passaram pelo feito do inglês Robert Thompson que, em 1847, colocou uma câmara cheia de ar dentro dos pneus de borracha maciça. No final do século XIX, as fábricas passaram a investir mais em segurança, já que a utilização do pneu havia aumentado consideravelmente.



Figura 2 – Estrutura de um Pneu. Fonte: Website Low Cost Pneus, 2013.

No Brasil, por ano, mais de 30 milhões de pneus inservíveis surgem no país. Já nos Estados Unidos, de acordo com Orsi & Simon (2007), esse número chega a aproximadamente 200 milhões. Esses dados motivaram ainda mais a necessidade do estudo de um destino alternativo para este material que não seja o seu descarte ao meio ambiente.

Conforme a legislação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com a resolução nº 416 de 2009, que revoga as resoluções nº 258 de 1999 e nº 301 de 2002, os pneus são de responsabilidade do fabricante por todo o ciclo da mercadoria, desde a produção, quanto a sua destinação final.

Em muitos casos, a utilização de materiais reciclados na construção civil, se mostram satisfatórios tanto econômico como tecnicamente para o reaproveitamento da matéria-prima (Prado, 2006).

#### 4. METODOLOGIA

Para a realização das pesquisas e ensaios, foram utilizados os materiais e equipamentos apresentados na Figura 4. Observa-se:

1 - Areia fina; 2 - Areia de RCD; 3 - Brita 0; 4 - Cimento CP III 40 RS; 5 - Betoneira CSM 145L; 6 - Betoneira MB 120L; 7 - Fôrma Própria; 8 - Mesa vibratória; 9 - Peneirador eletromagnético; 10 - Conjunto de peneiras; 11 - Desmoldante; 12 - Verniz; 13 - Madeira MDF.



Figura 4 – Materiais e equipamentos utilizados na pesquisa. Fonte: Própria autoria, 2013.

Para este estudo, foram feitos ensaios de caracterização dos agregados utilizados (areia fina e de RCD, brita e borracha) e de resistência a compressão simples, baseados na norma NBR 7184/1992 da ABNT.

Os ensaios foram executados nos laboratórios do Centro Universitário de Brasília - UniCEUB (campus Asa Norte) e nos laboratórios do Instituto Federal Brasília – IFB (campus Samambaia).

Foram adotados os seguintes materiais para compor a massa de concreto para confecção dos blocos:

- Brita: os ensaios foram realizados com a brita zero normal, porém existe a ideia de substituir essa brita comum, pela brita de RCD estrutural, e comparar os resultados (bem como a utilização de seixo em substituição da brita);
- Areia: a areia utilizada foi a areia lavada;
- Cimento: o cimento utilizado foi do tipo CP III, uma vez que é mais sustentável quando comparado ao CP II normalmente utilizado na construção civil;
- Pneu: esse material foi utilizado triturado (Figura 9).



Figura 9 – Borracha de pneu triturado usado na pesquisa. Fonte: Própria autoria, 2013.

Foi realizado o ensaio de massa específica dos materiais utilizados na mistura:

- Brita: 1,454 g/cm<sup>3</sup>; Areia de RCD: 1,407 g/cm<sup>3</sup>; Areia Lavada Fina: 2,659 g/cm<sup>3</sup>;  
Pneu: 0,357 g/cm<sup>3</sup>.

Para a realização do ensaio de compressão simples, primeiramente é necessário a moldagem dos corpos-de-prova de concreto. Nesse processo foi utilizado o seguinte traço em massa: cimento: 1; areia: 4,75; brita: 2,7; borracha: 0,30 e fator água cimento de 0,91.

Esse traço leva a porcentagem de 10% de borracha triturada de pneus em sua composição. Essa escolha foi devido à melhor resistência a compressão simples em corpo de prova cilíndrico realizado anteriormente na fabricação dos blocos elaborada nessa pesquisa.

Na pesquisa, utilizou-se os métodos normatizados pela ABNT, para a fabricação dos blocos de concreto, utilizando haste de metal com tamanho e peso pré-determinados para compactar o material com o traço desejado. Constatou-se uma maior homogeneidade na mistura, e conseqüentemente um menor número de vazios.

Na realização da confecção dos corpos de prova cilíndricos de concreto, notou-se que um bom resultado não era alcançado, sendo observado este fato também na confecção dos blocos, que por vezes não apresentaram homogeneidade quando desformados. Tal acontecimento forçou à mudança da escolha do traço.

O concreto utilizado em blocos tem como característica ser muito seco. Foi observado a existência de diversos vazios nos corpos de prova, o que prejudica a resistência do material. Ficando ainda mais difícil com a presença da incorporação da borracha.

Uma das intenções da pesquisa foi prezar pela conservação do meio ambiente juntamente com as suas preciosas matérias primas.

Foi utilizado como o ligante do concreto, o cimento CP III 40 RS, visto que, este possui em sua composição até 70% de escória de alto-forno e apresentar após 24 horas, uma resistência de 38% a mais do que os cimentos comuns. Além de na sua composição utilizar uma menor quantidade de clínquer, o que permite a diminuição da quantidade de material a passar por um forno à 1450°C para virar cimento, diminuindo assim a quantidade de CO<sub>2</sub> liberado por saco de cimento, quando comparado ao CPII.

Inicialmente, o traço utilizado nessa pesquisa para a incorporação da borracha e o teste da fôrma desenvolvida na produção dos blocos de concreto, foi o mesmo utilizado por Nogueira (2013). Em seu trabalho, este foi o traço com a menor quantidade de água, característica

importante para a confecção dos blocos de concreto.

A composição do traço referido se define em volume por:

- 2,3L de pneu; 18,4L de brita; 12,2L de areia de RCD; 10Kg de cimento; 5L de água.

Após a mistura e confecção dos corpos de prova, verificou que o traço, apesar de ser considerado o mais seco no trabalho desenvolvido por Nogueira (2013), estava muito úmido, não atendendo às necessidades para a confecção dos blocos. Isso se deve a variabilidade do material frezado (areia de RCD) e pela presença da borracha.

O segundo traço ensaiado foi realizado com base no trabalho científico de Santos & Borja (2005), onde o traço escolhido foi o que obteve a melhor resistência a compressão com a adição de partículas de pneu incorporado ao concreto. O fator água/cimento também foi utilizado como base para a realização desse traço. O interesse desse ensaio de mistura era encontrar a quantidade ideal de água e borracha, além de testar os encaixes da fôrma do bloco proposto. A mistura utilizada nessa pesquisa foi a incorporação de 10% de borracha em massa.

O traço de Santos & Borja (2005) com o fator água/cimento de 0,91 foi detalhado em massa como: cimento: 1; areia: 4,75; brita: 2,7; borracha: 0,30.

Antes da confecção dos blocos de concreto, foram realizados os corpos de prova cilíndricos de 0,10m de diâmetro e 0,20m de altura conforme norma da ABNT.

Para a confecção do bloco de concreto na fôrma proposta nessa pesquisa, não foi utilizado nenhum equipamento específico para a sua compactação. O método adotado para o lançamento da massa de concreto foi manter uma altura padrão com o auxílio de uma colher de pedreiro, sendo espalhada em todo o molde do bloco de concreto. Após o enchimento do molde, foi preciso aplicar uma energia, batêdo-o o molde no chão de forma a compactar a massa de concreto, evitando assim a possível formação de vazios.

Foi repetido a concretagem da mistura utilizando o segundo traço pois este já havia sido utilizado para a confecção de três blocos mostrando uma boa interação dos materiais utilizados. Com a sobra, foram confeccionados três moldes para nortear os futuros traços.

Perante essa quantidade de amostra, não se obteve uma avaliação confiável. Os resultados obtidos para esse traço até então foram os melhores obtidos nessa pesquisa, e a opção foi refazer esta mistura para atingir dados mais confiáveis.

Para a terceira fase de confecção dos blocos de concreto, permaneceu-se com o mesmo traço, porém a discussão ficou na questão da forma de compactação para diminuir a quantidade de vazios. Desta maneira constatou-se um aumento da resistência à compressão dos blocos.

Para essa melhor compactação, foi utilizado um aparelho com a função de vibrar os corpos de prova. A máquina utilizada foi o peneirador eletromagnético.

Os procedimentos adotados são os citados:

- Preencher os corpos de prova sem nenhum tipo de compactação;
- Colocar durante dois minutos no peneirador eletromagnético para vibrar;
- Completar os corpos de prova com a mistura;
- Colocar novamente na máquina para vibrar, desta vez por um minuto;

- Deixar os corpos de prova por 24 horas na câmara úmida, para depois desformar;
- Molhar os corpos de prova em dias intercalados, e conservar na câmara úmida.

Para se comparar com o traço anterior, foi utilizada a mesma mistura analisada, porém sem a substituição de 10% da brita por borracha. Esse traço contém a mesma quantidade de areia e o mesmo fator de água/cimento. A variação se deu somente na quantidade de brita e de borracha, que possui a soma entre elas constante.

Após a análise dos traços, foi decidido testar a mistura na fôrma para descobrir a forma mais eficiente na confecção dos blocos.

Inicialmente, pensou-se que fosse possível compactar manualmente. Inúmeras tentativas foram realizadas, mas sem sucesso. O processo foi iniciado com um número de golpes baixo para a compactação, porém a eficiência foi ínfima. Os blocos não adensavam corretamente, comprometendo assim a resistência do exemplar.

Ficou nítido que a utilização de uma mesa vibratória foi a melhor opção e foi escolhida na pesquisa para exercer essa função de compactação.

## **5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS**

Pode-se ressaltar a importância da utilização de uma mistura mais seca que o concreto convencional, normalmente utilizado em lajes e pilares, por exemplo. Com essa mistura homogênea pouco úmida e com a vibração ideal, o bloco toma seu formato mais facilmente, e observa-se a diminuição de vazios, acarretando em um aumento de resistência.

Como se teve um traço base, mas os materiais não foram exatamente os mesmos utilizados na pesquisa de Santos e Borja (2005), os resultados foram outros, mas superaram as expectativas, já que a mistura com borracha conseguiu atender à norma da ABNT - NBR 7173/1982 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural.

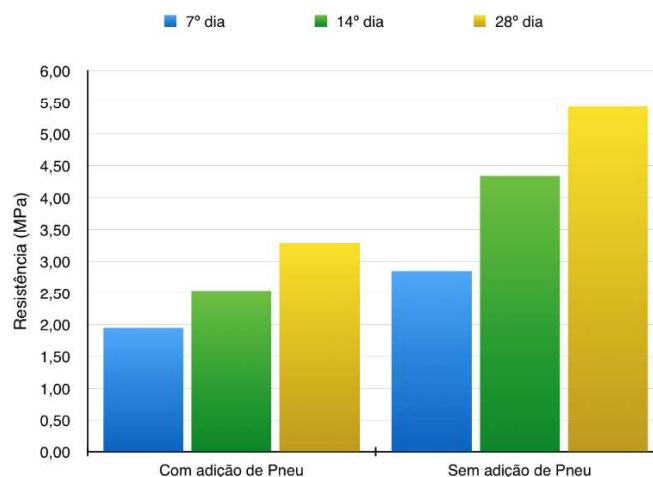
### **5.1 Resultados dos Ensaio de Resistência**

O Gráfico 2 apresenta o estudo comparativo das resistências alcançadas com os traços com e sem a adição de pneu.

Observa-se que com a adição do pneu, a resistência atinge a marca superior a 3,0 MPa, valor considerável para a construção civil.



Gráfico 2 – Comparativo das resistências de misturas com e sem substituição de 10% da brita 0 pela borracha.



Fonte: Própria autoria, 2013

Baseado nos resultados que foram positivos, indica-se a utilização de RCD aos modos desta pesquisa em obras de engenharia civil.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa desenvolvida confirma a importância da utilização de pneus inservíveis descartados pelo homem no meio ambiente. Ao mesmo tempo, auxilia na diminuição da retirada de matéria-prima de recursos naturais necessários para o preparo da massa de cimento na construção civil. Com isso, contribui e estimula a utilização da vertente da construção sustentável. Além disso, coopera para o decréscimo do acúmulo de pneus em aterros, ajudando a eliminar um problema de saúde pública atual.

Para atingir os objetivos dessa pesquisa foram realizados levantamentos bibliográficos relacionados ao tema, que auxiliaram e direcionaram este estudo. De acordo com Silva & Okimoto (2009), surge a idéia de um novo ramo de empreendimento com o uso de pneus inertes no cimento. Os autores relatam que hoje existe uma atual fonte de lucros para empresas recauchutadoras e responsáveis pelo descarte de pneus. Sendo possível vender os resíduos da borracha para firmas terceirizadas que comercializam e utilizam o pneu como matéria-prima.

Dessa forma, recomenda-se o incentivo do uso do pneu como material não convencional na engenharia civil, sendo importante persistir e motivar a sua utilização apesar da rejeição existente no mercado tradicional, que sente receio em aderir conceitos e concepções diferentes das usuais. Além disso, se faz necessário encorajar a conscientização e a aceitação de métodos sustentáveis na vida cotidiana de trabalhadores, fabricantes, empreiteiros, empresários e outros envolvidos na construção civil e correlatos.

É necessário ressaltar que o traço com borracha desenvolvido na pesquisa, incorporou materiais diferentes dos utilizados convencionalmente. E mais do que isso, não só atingiu as expectativas, como ultrapassou com notabilidade as resistências exigidas na norma da ABNT - NBR 7173/29182, para bloco de concreto não estrutural.

## REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992. *NBR 7184: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Determinação da resistência à compressão*. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Origem Projeto MB-116/1991. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1982. *NBR 7173: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural*. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Origem Projeto EB-50/1974. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro.
- Nogueira, L. G. S. 2013. *Utilização de RCD na confecção de um traço sustentável*. Centro Universitário de Brasília. Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas. Departamento de Engenharia Civil. Distrito Federal: Brasília.
- Portal ABCP. 2009. Website da Associação Brasileira de Cimento Portland. São Paulo: Jaguaré. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/>>. Acesso em: 12 dez. 2013.
- Prado, D. M. 2006. *Propriedades físicas e mecânicas de blocos estruturais produzidos com agregados reciclados de concreto*. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Estruturas. São Paulo: São Carlos.
- Resolução CONAMA nº 416. 2009. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Revoga as Resoluções nº 258/1999 e nº 301/2002. Publicada no DOU nº 188. 1 de outubro de 2009. Legislação: 30 de setembro de 2009. Origem: 02000.000611/2004-15. Brasil.
- Santos, E. A., & Borja, E. V. 2005. Investigação experimental de traços para blocos de concreto para alvenaria de vedação com adição de resíduos de pneus reciclados. Curso de tecnologia em produção da construção civil e tecnologia em materiais. Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte. Rio Grande do Norte: Natal.
- Santos, A. V., & Borja, E. V. 2007. *Avaliação das propriedades mecânicas de blocos intertravados com resíduo de pneu reciclado*. Curso de tecnologia em construção de edifícios. Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte. Rio Grande do Norte: Natal.
- Silva, T. D. R., & Okimoto, F. S. 2009. *Resíduos de pneu inservíveis na construção civil*. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP. IN: Encontro Nacional, 5. e Encontro Latino-Americano, 3. sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis - ELECS. 28 - 30 de outubro de 2009. Pernambuco: Recife.