

ESTUDO DA INTERFERÊNCIA DA ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEUS ORIUNDA DE CAPEAMENTO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO ESTRUTURAL

III Congresso Online de Engenharia de Materiais. Inscrições encerradas, 4^a edição, de 27/04/2021 a 30/04/2021
ISBN dos Anais: 978-65-89908-00-5

SILVA; Maria Letícia Ferreira da¹, SILVA; Myrelle Pinheiro e²

RESUMO

1. RESUMO

Devido ao grande volume de resíduos gerados pelo descarte dos pneus de automóveis e caminhões, os problemas ambientais tendem a se desenvolver, ocasionando questões de saúde pública, propiciando a doenças de insetos transmissores como dengue, febre amarela e malária. Além das complicações sanitárias, a queima de pneus inutilizáveis e o descarte dos pneus no meio ambiente pode causar poluição do solo, e quando descartados em rios, pode-se causar infecções nas pessoas. Com base nessas informações, esse trabalho tem por objetivo avaliar o desempenho técnico e as propriedades mecânicas do concreto produzido com adição de borracha de pneu, verificando a viabilidade econômica, a resistência e as características obtidas através dos testes de compressão axial e módulo de elasticidade executados em laboratórios e submetidos a 7, 14, 21 e 28 dias de cura. Através do método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), obteve-se um traço de concreto para um f_{ck} de 25 MPa, onde as fibras oriundas de fragmentos de pneus reutilizáveis foram caracterizadas e posteriormente inseridas no concreto em uma fração de 3% referente ao volume do concreto. Os resultados mostraram que o concreto sustentável obteve uma leve redução de resistência quando comparado com o concreto de referência o que pode ser entendido pela baixa aderência da fibra na matriz.

2. ABSTRACT

Due to the large volume of waste generated by the disposal of car and truck tires, environmental problems tend to develop, causing public health issues, leading to diseases of transmitting insects such as dengue, yellow fever and malaria. In addition to health complications, the burning of unusable tires and the disposal of tires in the environment can cause soil pollution, and when discarded in rivers, it can cause infections in people. Based on this information, this work aims to evaluate the technical performance and the mechanical properties of the concrete produced with the addition of tire rubber, verifying the economic viability, resistance and characteristics obtained through the tests of axial compression and elasticity module performed. In laboratories and submitted to 7, 14, 21 and 28 days of cure. Using the method of the Brazilian Portland Cement Association (ABCP), a trace of concrete was obtained for a f_{ck} of 25 MPa, where the fibers originating from fragments of reusable tires characterized and were later inserted into the concrete in a fraction of 3% referring to the volume of the concrete. The results showed that the concrete sustainable obtained a slight reduction in strength when compared to the reference concrete, which can be understood by the low adhesion of the fiber in the matrix.

3. INTRODUÇÃO

No decorrer dos anos, o concreto na construção civil sofreu várias modificações, no entanto, foram os romanos os primeiros a realizarem a utilização do mesmo, a

¹ Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos – UNITPAC, maryleticia534@gmail.com

² Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos – UNITPAC, myrellepes.14@gmail.com

partir de um cimento hidráulico, que é um componente que endurece na presença de água. Além disso, como ele não sofreu alterações nas suas propriedades quando exposto à água no decorrer do tempo, passou então a ser amplamente utilizado como material de construção (NEVILLE, 2015).

Com a evolução da industrialização, as novas inovações e tecnologias no setor da construção civil é possível melhorar a qualidade de futuras obras, consequentemente diminuindo os custos. Posto isso, o concreto vem ampliando a cada dia mais as novas técnicas e a capacidade de fabricação.

O concreto é um componente essencial no meio da construção, além de possuir influência na arquitetura moderna, na ciência e no desenvolvimento da engenharia. Assim, a procura de materiais sustentáveis capazes de serem reutilizados, é benéfico na construção civil, tanto de forma direta como de forma indireta dentro da sociedade.

Segundo a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos – ANIP, no ano de 2017 foram fabricados mais de 5 milhões de pneus novos no Brasil, enquanto que apenas 458 mil foram destinados para a reciclagem (RECICLANIP, 2021).

Com o aumento significativo da produção de pneus, o descarte inadequado de cerca de 450 mil toneladas anualmente (SEST SENAT, 2019), vêm trazendo consigo consequências ao meio ambiente, acarretando problemas para saúde pública e à qualidade de vida humana. Devido ao desenvolvimento e crescimento da produção de automóveis no setor automobilístico, a quantidade de pneus descartados no final da vida útil desses veículos também aumentou. Consequentemente, gerando resíduos sólidos que afetam gravemente a natureza e causam grandes impactos ambientais.

Além disso, o concreto modificado com borracha é um material que possui características únicas com potencial para uso em diversas aplicações. Sendo assim, é possível desenvolver um concreto sustentável através de adições de materiais como borracha de pneu, consentindo desta maneira para a evolução desse material no setor da construção civil e em diversas outras áreas (TOPÇU, 1995).

Dessa forma, conforme observa Topçu (1995) o concreto com borracha apresenta as propriedades requeridas para variadas aplicações, tais como: construção de elementos, onde altas resistências não são necessárias (calçadas, meio-fio, ciclovias, sarjetas, entre outras), barreiras sujeitas a impactos, barreiras de isolamento de sons e aplicação em ferrovias para fixação de trilhos.

Logo, este trabalho tem por finalidade, demonstrar a análise da resistência e das propriedades mecânicas do concreto com adição de borracha de 3% de pneu reciclado, por meio de ensaios laboratoriais que foram realizados, como o de resistência à compressão, massa específica, abatimento do tronco de cone e módulo de elasticidade. Objetivando-se, portanto, corroborar resultados satisfatórios, viabilizando o meio ambiente e a sustentabilidade do concreto.

4. METODOLOGIA

Os materiais utilizados para a realização deste trabalho foram obtidos no comércio local, sendo assim, são materiais comerciais, como o cimento Portland CP II F-32, agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (brita 0 e brita 1). Além disso, a água usada, é a que é fornecida ao laboratório, advinda do sistema de abastecimento local e o resíduo de borracha de pneu, oriundo de uma empresa de capeamento e recauchutagem de caminhões.

4.1. Caracterização dos materiais

Os materiais para a confecção do concreto foram caracterizados antes da determinação do traço como prescrito, onde cada componente foi avaliado segundo sua especificação em norma. Foram avaliados a massa específica, a massa unitária e o módulo de finura, onde os agregados e as respectivas normas seguidas

¹ Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos – UNITPAC, maryleticia534@gmail.com

² Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos – UNITPAC, myrellepes.14@gmail.com

encontram-se na tabela 1.

Tabela 1 - Normativa para análise da massa específica e massa unitária
Agregado Massa Específica Massa Unitária Granulometria
Areia ABNT NBR NM 52:2009 ABNT NBR NM 45:2006 ABNT NBR NM 248:2003
Brita 0 ABNT NBR NM 53:2009 ABNT NBR NM 45:2006 ABNT NBR NM 248:2003
Brita 1

Fonte: Autor (2021)

Como o resíduo de borracha não possui uma norma própria, para a análise de massa específica adotou-se a DNER-ME 194/98, onde separou-se 50g de fibra de borracha seca, além de 375 ml de querosene em substituição ao álcool, conforme um processo análogo adotado por Selung (2012), no qual adaptou-se o ensaio substituindo a água por álcool, possibilitando assim, a execução do experimento por meio do frasco Chapman, como mostra a figura 1, a seguir:

Figura 1: Frasco Chapman com Resíduos de borracha e querosene

Para a determinação da massa unitária, o resíduo de borracha foi usado na descrição de procedimento da ABNT NBR NM 45:2006. Já o ensaio de granulometria foi realizado conforme a ABNT NBR NM 248:2003.

4.2. Determinação do Traço

Para a dosagem do concreto utilizou-se o método ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), que traz os conceitos sobre o desvio padrão, resistência do concreto à compressão aos 28 dias de idade e abatimento. Dessa forma, determinou o valor da resistência de dosagem do concreto a ser produzido de acordo com a ABNT NBR 6118:2019. Em seguida determinou-se a relação água/cimento a partir da Curva de Abrams. Após a caracterização de todos os materiais e do resíduo de borracha, foi efetuada a determinação do consumo de cada um, estabelecendo assim, o traço do concreto.

Para avaliação do concreto então, foram rodados separadamente 3 traços propostos, um sem borracha, sendo o de referência, outro composto com adição de 3% de resíduo de borracha sem saturação, e um com o mesmo porcentual de borracha, porém, com saturação. Dessa maneira, foram confeccionados para cada traço 20 corpos de prova no modelo de 10x20 cm.

4.3. Caracterização dos corpos de prova

A confecção dos corpos de prova é feita conforme a ABNT NBR 5738:2016, no qual, são realizados em seguida procedimentos capazes de analisar o desempenho e a trabalhabilidade do concreto com a adição da fibra de borracha de pneu, de acordo com a ABNT NBR NM 67:1998, para posteriormente, submetê-los a ensaios de resistência à compressão axial (ABNT NBR 5739:2018) e módulo de elasticidade (ABNT NBR 8522:2017), respeitando o processo de cura úmida de 7, 14, 21 e 28 dias.

Para a realização dos ensaios, foi utilizado o equipamento de compressão da prensa hidráulica da marca Emick, com as condições de ensaio de tempo e velocidade preestabelecidas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

¹ Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos – UNITPAC, maryleticia534@gmail.com

² Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos – UNITPAC, myrellepes.14@gmail.com

5.1. Massa Específica e Massa Unitária

Ao decorrer dos ensaios realizados em laboratórios, foram coletadas informações de suma importância para determinação da massa específica e massa unitária dos agregados graúdos, miúdos e do resíduo de borracha. Dessa maneira, é possível analisar se os dados alcançaram as exigências das normas, observando-os, segundo os resultados seguintes descritos na tabela 2, a seguir:

Tabela 2 - Resultados da massa específica e massa unitária obtidas em laboratório

Material	Massa Específica (g/cm ³)	Massa Unitária (g/cm ³)
Areia grossa	2,67	1,52
Borracha de pneu	1,19	0,58
Brita 1	2,91	1,65
Brita 0	2,78	1,45
Cimento	3	1,2
Brita 1+ Brita 0	2,7	1,53

Fonte: Autor (2021)

Pode-se observar, que os dados obtidos em laboratório de cada material, que estão representados acima, encontram-se em concordância com os valores das referências estudadas.

5.2. Granulometria

Através do estudo granulométrico dos agregados miúdos e graúdos, areia grossa e brita 1 respectivamente, e da borracha de pneu, é possível analisar a distribuição das partículas e os percentuais retidos dos materiais, referente às suas respectivas peneiras, conforme mostra a figura 2 abaixo.

Figura 2: Granulometria dos agregados e do resíduo de borracha

Analisando a curva granulométrica (figura 2) da brita 1 é possível concluir que a mesma apresenta uma boa graduação com diâmetro máximo de 25 mm. Já a areia é classificada como areia média e de acordo com a ABNT NBR 7211:2019, encontra-se na zona ótima por possuir um módulo de finura de 2,51 e a borracha apresentou um módulo de finura de 3,612, estando assim, próximos aos valores encontrados na literatura, variando de 3,81 encontrado por Fazzan (2011) à 3,14 (Silva Júnior, 2014).

5.3. Determinação do traço

Após todos os dados obtidos através dos ensaios dos agregados já mencionados o traço pode ser mensurado pelo método ABCP, onde para cálculo usou-se o desvio padrão de 5,5, obtendo assim um traço referência dado abaixo pela equação 1.

$$1:1,93:2,69:0,48 \quad (1)$$

No qual, estes valores representam a proporção de cimento, agregados e da água de amassamento adicionado no concreto. Para este traço o valor de resistência dimensionado pelo método é de 25 MPa, sendo assim, um concreto estrutural.

5.4. Trabalhabilidade

Para avaliar a fluidez do concreto, foi executado o ensaio de abatimento do tronco de cone, no intuito de verificar seu adensamento e sua trabalhabilidade. Assim, a seguir, a tabela 3 demonstrará os resultados obtidos por meio do teste:

¹ Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos – UNITPAC, maryleticia534@gmail.com

² Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos – UNITPAC, myrellepes.14@gmail.com

Tabela 3 - Valores encontrados dos abatimentos realizados

Traço	Abatimento em cm
Adição de 3%	2
Adição de 3% Saturada	4,25
Referência	4,8

Fonte: Autor (2021)

Como pode ser observado na tabela 3, o concreto com adição de borracha saturada obteve um abatimento maior em relação ao insaturado, por outro lado, houve uma redução na resistência do mesmo, uma vez que foi adicionado um percentual de água a mais no concreto, devido a borracha reter parte da água da mistura, tornando assim o concreto menos trabalhável, como pode ser visto nas figuras 3 e 4:

Figura 3: Concreto insaturado com abatimento de 2 cm

Figura 4: Concreto saturado com abatimento de 4,25 cm

5.5. Determinação das propriedades mecânicas do concreto

Os resultados da resistência à compressão axial, figura 5, foram obtidos após os rompimentos dos corpos de prova. Observa-se por meio da análise dos resultados da figura 5, que o concreto insaturado que obteve 23,18 MPa possui melhor resistência, se comparado com o saturado que obteve 20,43 MPa, por outro lado, é o concreto saturado que apresenta melhor trabalhabilidade, no entanto, ambos têm uma resistência inferior ao concreto de referência que obteve um valor de 29,69 MPa.

Este comportamento pode ser entendido como a baixa aderência entre a matriz cimentícia e a fibra de borracha, tendo em vista que não houve nenhum tratamento prévio nos resíduos de borracha, podendo, portanto, ser utilizado apenas em elementos que não necessitem de altas resistências.

Figura 5: Resultados do rompimento por compressão axial

O estudo do módulo de elasticidade do concreto, figura 6, é um processo capaz de visualizar a relação entre a tensão e deformação dos corpos de prova, permitindo a análise do seu comportamento, em relação à sua desforma. Com base nisso, é realizada a verificação dos valores encontrados em laboratório, apresentados na figura 7:

Figura 6: Módulo de elasticidade

Figura 7: Resultados do módulo de elasticidade

De acordo com os valores de módulo de elasticidade encontrados em laboratório e especificados acima, é possível concluir que o concreto insaturado que obteve 33,07 GPa conseguiu suportar maior tensão aos 28 dias frente à deformação obtida

pelo concreto saturado o que pode ser entendido como a distribuição de carga através da fibra na matriz, já que está aleatoriamente distribuída dentro da mesma.

6. CONCLUSÕES

A utilização do resíduo da borracha de pneu foi de fundamental importância para contribuição significativa da sustentabilidade e redução dos resíduos sólidos, em busca de amenizar os impactos ambientais causados no meio ambiente. Dessa forma, esse estudo avaliou a aplicação de fibras de borracha de pneu no concreto convencional, com o objetivo de desenvolver um material sustentável.

Com a adição do resíduo de borracha insaturada no concreto obteve-se menor trabalhabilidade, melhor resistência em comparação à fibra saturada, porém menor resistência à compressão quando comparado com o concreto de referência.

Por outro lado, quando se analisa o módulo de elasticidade, verifica que a inserção de borracha na forma insaturada foi benéfica trazendo melhoria no módulo de elasticidade quando comparado ao concreto com borracha saturada aos 28 dias.

Portanto, a adição de borracha, é viável para o uso em construções de elementos não-estruturais como meios-fios, calçadas, ciclovias, sarjetas, obras de isolamento de sons, barreiras de impacto e em obras de pavimentação que possuem baixo tráfego de veículos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica, Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura dos corpos de prova. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpo de prova cilíndrico, Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2019.

_____. **NBR 7211**: Agregados para Concreto – Especificações. Rio de Janeiro, 2019.

_____. **NBR 8522**: Concreto – Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão, Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios, Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR NM 52**: Agregado miúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente, Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 53**: Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água, Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 67**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, Rio de Janeiro, 1998.

_____. **DNER – ME 194/98** – Agregados - determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman, Rio de Janeiro, 1998.

¹ Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos – UNITPAC, maryleticia534@gmail.com
² Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos – UNITPAC, myrellepes.14@gmail.com

FAZZAN, João Victor. **Comportamento estrutural de lajes pré-moldadas treliçadas com adição de resíduos de borracha de pneu.** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharias, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2011. 169 p. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/91447>>. Acesso em: 15 fev. 2021.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

RECICLANIP. **Indústria nacional de pneus ultrapassa meta de destinação do Ibama.** Disponível em: <<https://www.reciclanip.org.br/noticia/industria-nacional-de-pneus-ultrapassa-meta-de-destinacao-do-ibama/>>. Acesso em 12 de janeiro de 2021.

SELUNG, Catiane Sebben. **Estudo do uso de borracha de pneu em concreto para confecção de blocos vibro prensados.** Monografia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó, 2012. 85 p. Disponível em: <<https://www.unochapeco.edu.br/publicações-científicas/detalhes/192653>>. Acesso em: 08 de jan. 2021.

SEST SENAT. **Cerca de 450 mil toneladas de pneus são descartados por ano no Brasil.** Disponível em: <<https://www.sestsenat.org.br/imprensa/noticia/cerca-de-450-mil-toneladas-de-pneus-sao-descartados-por-ano-no-brasil>>. Acesso em 12 de janeiro de 2021.

SILVA JÚNIOR, Francisco Alves da. **Avaliação do efeito da adição de resíduos de borracha de pneu e brita calcária na formulação de compósitos cimentícios.** Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.184 p. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jsupui/handle/123456789/12867>>. Acesso em: 05 fev. 2021.

Topçu, I. B. **The properties of rubberized concretes.** Cement and Concrete Research, v. 25, n. 2, p. 304-310 (1995).

8. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao auxílio do Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos pelo auxílio ao trabalho de pesquisa através do programa de pesquisa regimento pela COPPEX.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto, sustentável, fibras, propriedades mecânicas