

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE BORRACHA DE PNEUS INSERVÍVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

USE OF RUBBER WASTE FROM UNUSEABLE TIRES IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Camillo Caldas de Miranda*, Giovanni Guimarães Landa

Centro Universitário de Caratinga – Campus de Nanuque. R. Nelício Cordeiro, S/N, Nanuque/MG, CEP: 39860-000 * camillocaldas@gmail.com

RESUMO

As sociedades em todo o planeta estão tentando aplicar os conceitos da sustentabilidade, com o uso de alternativas para minimizar os impactos originados pelo consumo desenfreado de matéria-prima que geram um grande volume de resíduos, e esses incluem os resíduos oriundos da construção civil e os provenientes de pneus, todos esses descartados de forma inadequada. O objetivo deste trabalho foi estudar algumas possibilidades de utilização de resíduos de borracha de pneus inservíveis em substituição ao agregado miúdo para a produção de bloquetes para piso de praças, calçadas e outras destinações na construção civil. Para o trabalho em questão, foram utilizados resíduos de borracha de pneus inservíveis em substituição ao agregado miúdo (pó de pedra) em 25% de resíduos de borracha peneirada e 25% não peneirada, para a produção de concreto estrutural para bloquetes ou mesmo outros destinos na construção civil. Do ponto de vista tecnológico, em relação ao concreto com substituição de pó de pedra pela borracha em 25%, verificou-se que houve um aumento considerável de resistência à compressão.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto; Reciclagem; Pneus descartados.

ABSTRACT

Societies across the planet are trying to apply the concepts of sustainability, using alternatives to minimize the impacts caused by the unbridled consumption of raw materials that generate a large volume of waste, and these include waste from civil construction and from tires, all of which were improperly discarded. The objective of this work was to study some possibilities of using rubber waste from useless tires to replace fine aggregate for the production of blocks for the floor of squares, sidewalks and other uses in civil construction. For the work in question, rubber waste from useless tires was used to replace fine aggregate (stone dust) in 25% of sieved and 25% un-sieved rubber waste, for the production of structural concrete for blocks or even other destinations in civil construction. From a technological point of view, in relation to concrete with 25% replacement of stone dust by rubber, it was found that there was a considerable increase in compressive strength.

KEYWORDS: Concrete; Recycling; Discarded tires.

INTRODUÇÃO

A construção civil de maneira geral tem trazido muitos benefícios para a melhoria de qualidade de vida da população, mas o preço por esse avanço são muitos impactos ao meio ambiente, principalmente no que diz respeito aos resíduos sólidos, que na maioria das vezes são dispostos inadequadamente na natureza.

O setor da construção civil é responsável por consumir grandes volumes de matérias prima, principalmente os agregados, gerando um grande impacto ao meio ambiente, sendo assim, têm surgido vários estudos utilizando materiais alternativos visando minimizar os impactos e adotar uma postura sustentável diante da sociedade, contribuindo também para uma gestão adequada dos resíduos sólidos.

Atualmente tanto agências ambientais como órgãos em todo o mundo têm se preocupado com a gestão dos resíduos¹. De maneira paralela, o número de veículos circulando todos os dias acarreta em consumo exacerbado de pneus inservíveis. No Brasil², em torno de 450 mil toneladas de pneus fora de uso são descartadas anualmente. Essa quantidade se refere aproximadamente a 90 milhões de pneus de tamanho comum, que podem levar mais de 600 anos para que ocorra sua completa decomposição na natureza.

Segundo o CEMPRE³, os pneus quando inservíveis, acarretam vários problemas ambientais e sanitários como: local de procriação de mosquitos e outros vetores de doenças; risco de incêndio; quando queimados contaminam o ar com uma fumaça tóxica, dentre outros.

A reutilização de pneus inservíveis é muito comum em alguns setores, como por exemplo, na fabricação de solados de sapatos, borrachas de vedação, combustível alternativo para as indústrias de cimento, dutos pluviais, pisos para quadras poliesportivas, tapetes de automóveis e outros⁴.

A Resolução do CONAMA nº. 416/2009⁵ descreve a destinação ambientalmente adequada de pneus inservíveis como: *Procedimentos técnicos em que os pneus são descaracterizados de sua forma inicial, e que seus elementos constituintes são reaproveitados, reciclados ou processados por outra(s) técnica(s)*

admitida(s) pelos órgãos ambientais competentes, observados a legislação vigente e normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e a segurança, e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Com o intuito de minimizar os impactos do setor de construção civil e agregando um conceito de sustentabilidade, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas, buscando formas de reaproveitamento de pneus inservíveis, sejam em concreto asfáltico, concreto de cimento, muros de contenção, blocos de concreto e muitos outros fins⁶.

A utilização de resíduos de borracha pneumática para a produção de materiais alternativos cimentícios (concretos, argamassas e pastas), voltada ao ponto de vista ambiental, vem sendo estudada amplamente há mais de duas décadas. Nesse período, avanços em relação à melhoria das propriedades mecânicas foram alcançados, principalmente quando são realizados tratamentos químicos nas partículas de borracha⁷.

Uma técnica de baixo custo e simples está sendo utilizada em alguns projetos de agregados miúdos utilizando raspas ou pó de pneus inservíveis em concreto para uso na construção civil, substituindo material convencional, a areia e o pó de pedra, por resíduos de pneus inservíveis, na produção de blocos de concreto com função estrutural⁸.

De acordo Turatsinze e Garros⁹, o concreto produzido com resíduos de borracha melhora algumas propriedades, incluindo melhor isolamento térmico e acústico, baixa densidade e aumento na durabilidade do concreto.

O objetivo deste trabalho foi testar resíduos de borracha de pneus inservíveis em substituição ao agregado miúdo para a produção de bloquetes para piso de praças, calçadas e outras destinações na construção civil. Para este trabalho buscou-se aplicar o conceito de sustentabilidade na confecção de um concreto, tendo em vista não apenas atingir uma resistência à compressão viável para as obras de engenharia, mas reduzir os pneus inservíveis lançados na natureza.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado no município de Nanuque, um município brasileiro do estado de Minas Gerais (Figura 1). Possui localização geográfica determinada pelas coordenadas 17°59'91" S e 40°45'41" O e ocupa uma área de 374,8 Km². De acordo com o IBGE¹⁰, sua população no ano de 2022 era de 35.038 habitantes. O clima em função da posição geográfica é o tropical úmido, com pluviosidade média anual de 1.055 mm.

Figura 1. Localização do município de Nanuque (MG).



Os materiais que foram utilizados neste trabalho são: cimento Portland, agregado miúdo, agregado graúdo, água e resíduo de borracha de pneu, sendo esse último proveniente de borracharias que realizam vulcanização de pneus na cidade de Nanuque MG, onde foi realizada uma seleção do grânulo da borracha através do peneiramento deste resíduo, utilizando-se a peneira de abertura 4,75 mm.

Os resíduos de borracha de pneus inservíveis foram utilizados em substituição ao agregado miúdo para a produção de concreto estrutural para bloquetes utilizáveis em calçamentos.

Para obtenção de parâmetros comparativos entre o concreto com adição de borracha e o concreto convencional foram necessários a elaboração de corpos de prova experimentais, onde foram determinadas as dosagens destinadas à fabricação

do bloquete de concreto com substituição parcial do agregado miúdo pela borracha de pneu triturada. O desenvolvimento desse trabalho experimental foi realizado no núcleo de Ciências e Tecnologias de Engenharia Civil do Unec (Campus Nanuque MG).

Os demais componentes foram fornecidos pelo laboratório de engenharia. O agregado graúdo utilizado foi a brita 0, e o agregado miúdo empregado foi o pó de pedra, que conforme teste de granulometria passou pela peneira de número 0,3 mm. O cimento utilizado foi o cimento Portland CP III – 40 RS do fabricante Mizu.

Para a confecção do concreto com a utilização de raspas de pneu como parte do agregado miúdo foi necessário realizar o experimento com 3 traços diferentes. O primeiro traço foi executado sem adição da borracha, pois esse traço foi considerado como o concreto referência, o controle. Para esse concreto referência foi utilizado um traço padrão de 1 : 2 : 1 : 0,5, onde a proporção de massa combinada com volume seria de 1 de cimento para 2 de pó de pedra, 1 de brita e 0,5 para o fator água cimento.

Nas etapas seguintes foram utilizados o mesmo traço padrão, porém houve uma mudança quanto ao agregado miúdo, pois para o segundo traço foi retirado 25% do volume do pó de pedra e substituído pela borracha de pneu triturada, e o terceiro traço substituiu 25% do agregado. Sendo assim, têm-se três tipos de traço:

T1 – traço sem adição de borracha;

T2 – traço com 25% de borracha (não peneirado)

T3 – traço com 25% de borracha (peneirado com peneira de abertura 4,75 mm).

Para que os materiais fossem pesados em laboratório foi necessário transformar o traço para quilograma. Na Tabela 1 são apresentados os traços em massa.

Tabela 1. Dosagem dos traços de concreto em massa (Kg).

Tipo dos traços	Traço em Massa	Volume de borracha utilizada (%)
	cimento : agregado miúdo : borracha de pneu : agregado graúdo : água/cimento	
T1	1 : 2,17 : 0 : 1,5 : 0,6	0
T2	1 : 1,95 : 0,212 : 1,5 : 0,6	25
T3	1 : 1,74 : 0,225 : 1,5 : 0,6	25

Para a substituição do agregado miúdo (pó de pedra) pela borracha, foi retirado primeiramente 25% do volume total do agregado utilizado, e o substituiu por 25% da borracha de pneu (não peneirado), para o primeiro traço com borracha (T2). Para o segundo traço com adição de borracha (T3), foram retirados 25% do volume do pó de pedra e substituído por 25% do resíduo de borracha (peneirado).

Para a preparação do bloquete, foi inserido na betoneira primeiro o agregado graúdo, o pó de pedra, a borracha, o cimento e a água e em seguida foi feito a sua mistura. O tempo de betonada após todos os materiais terem sido inseridos foi de 10 minutos (Figura 2).

Figura 2. Preparo da mistura para confecção do bloquete.



Logo após a mistura estar totalmente homogeneizada foi realizado o ensaio de Abatimento do Tronco de Cone, conforme as recomendações da NBRNM 67¹¹ e da NBR 5738¹² (Figura 3).

Figura 3. Ensaio de Abatimento do Tronco de Cone. Fonte: Autor, 2021



O teste de resistência à compressão axial foi realizado em duas etapas, a primeira após 7 dias e a segunda após 28 dias. O rompimento dos corpos de prova seguiu a orientação da NBR 5739¹³ e foi utilizado uma prensa hidráulica para o rompimento.

A prensa hidráulica analisa o quanto de força o concreto suportou antes do seu rompimento, logo foi obtida uma força, em Mpa, para cada corpo de prova testado. Essa força é a resistência à compressão do corpo, então logo após o recolhimento de todos os valores foi possível obter os resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

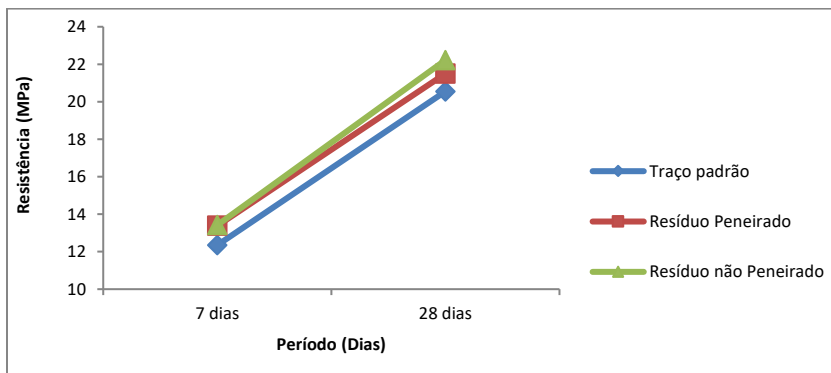
Para o rompimento dos corpos de prova na prensa hidráulica, foram realizados testes em duas etapas, após sete dias e após 28 dias de cura, para os tres traços (controle ou padrão, com resíduos peneirado e com resíduos não peneirado).

Na Tabela 2 e na Figura 4 são mostradas as resistências obtidas para cada traço.

Tabela 2. Resultado dos testes de resistências dos traços nos respectivos períodos de cura.

Traço	7 dias	28 dias
Padrão	12,35 MPa	20,55 MPa
Resíduo Peneirado	13,38 MPa	21,50 MPa
Resíduo não Peneirado	13,42 MPa	22,22 MPa

Figura 4. Comparativo entre os resultados dos testes de resistências à compressão dos traços em relação ao período de cura. Fonte: Dados da pesquisa.



Com o intuito de ampliar o conhecimento do uso de material e resíduos reciclados na indústria da construção civil, que é responsável por elevado consumo de recursos naturais, buscou-se nesta pesquisa avaliar a incorporação de resíduos de borracha de pneus na produção de concreto.

Do ponto de vista tecnológico, em relação ao concreto com substituição de pó de pedra pela borracha em 25%, verificou-se que houve um aumento considerável de resistência à compressão. De acordo com vários autores como Moreira e Fernandes¹⁴, Lucena *et al.*¹⁵ e ABTB¹⁶ dentre outros, encontraram resultados contrários, onde a substituição por borracha levou a uma redução de resistência.

Silva e colaboradores¹⁷ utilizando granulado de borracha em substituição parcial ao agregado miúdo na produção de tijolos ecológicos, encontraram resultados, que mostram que os blocos com adição de resíduo de borracha apresentaram menor densidade e peso próprio, além de possuírem maior taxa de absorção, mas em relação à resistência à compressão, percebeu-se que houve uma queda de aproximadamente 76% com a adição de borracha, não havendo significativa alteração até 20% de borracha.

Vários autores atribuíram esse fenômeno à fraca aderência entre a borracha e a matriz cimentícia¹⁸.

Um diferencial no experimento em questão pode estar relacionado com a natureza do agregado miúdo, onde a grande maioria dos trabalhos relatados na literatura, utiliza-se a areia, enquanto neste estudo foi utilizado o pó de pedra.

Segundo Araújo *et al.*¹⁹, a substituição da areia pelo pó de pedra é viável tecnicamente, já que apresentou valores de resistência superiores a norma e superiores ao concreto de referência. Também Menossi *et al.*²⁰ constataram aumento de resistência mecânica do concreto com pó de pedra em relação ao concreto com areia natural.

De acordo com Bassani *et al.*²¹ a substituição da areia lavada por pó de pedra para confecção de concreto para obras de pequeno porte é uma alternativa sustentável e que contribui para que o setor da construção civil possa se desenvolver sem gerar grandes impactos ambientais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio deste trabalho foi possível constatar que o emprego de resíduo de borracha de pneus para a produção de concreto é uma alternativa viável do ponto de vista técnico e ambiental, sendo que este compósito pode ser empregado em elementos e principalmente em placas de pavimentação intertravada de baixo tráfego, por estar adequada às condições estabelecidas pela legislação vigente.

Com esses resultados obtidos, pode-se afirmar que os bloquetes oriundos da substituição de 25% do pó de pedra por resíduos de borracha de pneu, podem ser utilizados para projetos principalmente, ornamentais. Para um aproveitamento mais efetivo na construção civil, sugere-se que mais testes sejam realizados, inclusive com diferentes traços com variados percentuais do resíduos de borracha.

Dessa forma, a proposta estabelecida na presente pesquisa teve êxito uma vez que, conseguiu demonstrar que o material final obtido está dentro dos parâmetros técnicos estabelecidos pelas normas vigentes, além de contribuir de forma significativa para a logística reversa dos pneumáticos.

O aproveitamento do pó de pedra é uma alternativa sustentável para a redução do acúmulo deste resíduo e diminuição dos impactos ambientais vindos da dependência por areia natural. O resultado desta pesquisa sugere que não só o aproveitamento dos resíduos de pneus inservíveis, mas também a substituição da areia pelo pó de pedra, trazem mais sustentabilidade à construção civil.

REFERÊNCIAS

1. Abdolpour, H, Nieiadomski, P, Sadoski, L. Recycling of steel fibres and spent equilibrium catalyst in ultra-high performance concrete: literature review, research gaps, and future development. *Construction and Building Materials*. 2021; 309. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125147>.
2. AGÊNCIA BRASIL. Brasil descarta, por ano, mais de 450 mil toneladas de pneus. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/geral/audio/2022-07/brasil-descarta-por-ano-mais-de-450-mil-toneladas-de-pneus>>.
3. Compromisso Empresarial para Reciclagem. CEMPRE. Pneu. 2017. <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/7/pneus>.
4. RECICLANIP. Para onde vão os pneus inservíveis. 2017. <http://www.reciclanip.org.br/v3/formas-de-destinacao-para-onde-vaio>.
5. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução nº 416 de 01 de outubro de 2009. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências. DOU, Brasília, DF, 01 out 2009, Nº 188, 64-65.
6. Kurtz, MN, Brandelli, TM, Paliga, CM, Torres, AS. A potencialidade do uso de resíduo de borracha de pneu em argamassa análise das propriedades físicas e mecânicas. *Revista Matéria*. 2018; 23(3). <https://doi.org/10.1590/S1517-707620180003.0488>.
7. Fioriti, CF, Bartholomei, CLB, Tsutsumoto, NY. Análise bibliométrica sobre borracha de pneus incorporada em compósitos de cimento. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*. 2024; 20(1). <https://doi.org/10.17271/1980082720120244358>.
8. Fioriti, CF, Akasaki, JR. Fabricação de blocos estruturais de concreto com resíduos de borracha de pneus. *HOLOS Environment*. 2004; 4(2):145.

9. Turatsinze, A, Garros, M. On the modulus of elasticity and strain capacity of self compacting concrete incorporating rubber aggregates. *Resources, Conservation and Recycling*. 2008; 52:1209-1215. <https://doi.org/doi:10.1016/j.resconrec.2008.06.012>.
10. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. Cidades. Nanuque. Censo de 2022. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/nanuque/panorama>.
11. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT. 1998. NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.
12. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT. 2015. NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.
13. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT. 2018. NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.
14. Moreira, KCB, Fernandes, FAS. Avaliação das propriedades mecânicas do concreto com incorporação de pó de seixo como agregado miúdo. *Revista de Engenharia e Tecnologia*. 2021; 13(2): 251-258.
15. Lucena, RFA, Angelino, CAC, Silva, PHF, Oliveira, RG. Concreto com adição de borracha de pneu. *Revista Mangaio Academico*. 2020; 5(1): 43-57.
16. Associação Brasileira de Tecnologia da Borracha. ABTB. Estudo revela benefícios do uso de borracha de pneus em concreto de alto desempenho. 2024. <https://www.abtb.com.br/noticia/estudo-revela-beneficios-do-uso-de-borracha-de-pneus-em-concreto-de-alto-desempenho>.
17. Silva, TD, Paula, HM, Silva, D, Carvalho, IM, Fonte, JT, Pereira, RR. Uso de granulado de borracha em substituição parcial ao agregado miúdo na produção de tiolos ecológicos. *Revista Matéria*. 2017; 22(4). <https://doi.org/10.1590/S1517-707620170004.0239>.
18. Silva, LS, Nogueita, MHP, Lima, GKM, Cipriano, FS, Batista, NJS. Concreto alternativo com utilização de resíduos de borracha de recauchutagem de pneus para elementos e componentes pré-fabricados. *Revista de Ciência e Tecnologia*. 2019; 5(8). <https://doi.org/10.18227/rct.v5i8.5071>.
19. Araújo, AEV, Gomes, CRF, Neto, GBM, Pina, APP, Nunes, AM, Costa, JG, Santos, AF, Pavão, JMSJ. Análise sustentável da substituição da areia natural por resíduos de pedra nos concretos de cimento Portland. *Revista Educação Ambiental em Ação*. 2018; 66. <http://www.revistaeea.org/artigo.php?idartigo=3533>.

20. Menossi, RT, Melges, JLP, Akasaki, JL, Camacho, JS, Fazzan, JV, Tashima, MM, Salles, FM. Pó de pedra: uma alternative ou um complemento ao uso da areia na elaboracao de misturas de concreto? HOLOS Environment. 2010; 10(2): 209. <https://doi.org/10.14295/holos.v10i2.4727>.
21. Bassani, LFM, Melo, RO, Pires, RCS, Santos, LR. Análise de viabilidade da substituição parcial da areia natural por pó de pedra e as consequencias desta aplicação na resistencia do concreto. Epitaya E-Books. 2023; 1(50):145-160. <https://doi.org/10.47879/ed.ep.2023922p145>.