

**Estudo da viabilidade do desenvolvimento de uma argamassa com
incorporação de pó de borracha**
**(Study of the viability of the development of a mortar with
incorporation of rubber powder)**

L. C. G. Botelho¹; J. Alexandre¹; A. R. G. Azevedo¹; A. L. C. Paes¹; A. A. Siqueira¹; R. C. C. Junior¹; L. S. P. Pessanha¹; T. E. S. Lima¹; V. D. Pinheiro¹; C. V. Azeredo¹

¹Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

Avenida Alberto Lamego, nº 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes – RJ

larissa.granato@gmail.com; jonasuenf@gmail.com; afonso.garcez91@gmail.com; alcpaes@gmail.com;
arenariandreia@gmail.com; lspessanha@yahoo.com.br; thuanylima.es@gmail.com;
valber.pinheiro@hotmail.com; renatocossetti@hotmail.com; cezarvillaca07@gmail.com

Resumo

Foram geradas cerca de 600 mil toneladas de pneus inservíveis em 2018 no Brasil. Esses resíduos sólidos, se dispostos inadequadamente, podem resultar em sério risco ao meio ambiente e à saúde pública. Além disso, é vedada a destinação final no meio ambiente, tais como abandono em corpos d'água e terrenos baldios, a disposição em aterros sanitários e a queima a céu aberto. Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma argamassa de contrapiso com incorporação do resíduo de pó de borracha de pneus inservíveis em substituição de parte do agregado miúdo. Para tanto, foram desenvolvidas 4 argamassas na dosagem em massa de 1:6 de cimento e areia, sendo 1 argamassa de referência e 3 com as proporções de 10%, 20% e 30% de substituição. Foram avaliadas granulometria, massa unitária e resistências à compressão e à flexão. Os resultados obtidos demonstraram que há uma diminuição significativa da resistência mecânica da argamassa devido a uma diminuição da massa unitária ocasionada pela adição de pó de borracha à mistura.

Palavras chave: Argamassa, Pó de borracha, Pneus inservíveis.

Abstract

Around 600 thousand tons of waste tires were generated in 2018 in Brazil. Such solid waste, if disposed of improperly, can pose a serious risk to the environment and public health. Besides that, final disposal in the environment, such as abandonment in water bodies and vacant lots, disposal in landfills and open burning is prohibited. This work aims at the development of a mortar of underfloor with the incorporation of the residue of rubber powder of unserviceable tires replacing part of the small aggregate. For this, 4 mortars were developed in the mass dosage of 1:6 cement and sand, with 1 reference mortar and 3 with proportions of 10%, 20% and 30% of substitution. Granulometry, unit mass, compressive strength and bend strength were evaluated. The results showed that there is a significant decrease in the mechanical strength of the mortar due to a decrease in the unit mass caused by the addition of rubber powder to the mixture.

Key words: Mortar, Rubber powder, Unserviceable tires.

INTRODUÇÃO

Um problema em destaque na atualidade, levando-se em consideração o potencial de crescimento e o poder de degradação, é o impacto tanto ambiental quanto à saúde da população causado pelo gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos urbanos.

A NBR 10004 (ABNT, 2004) [1] define os resíduos sólidos como resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, entre outros.

Um exemplo de resíduo que se encontra com facilidade e em abundância no Brasil, e que, principalmente, não pode ser descartado de forma inadequada, é o pneu inservível, que é um pneu que atingiu o limite de sua vida útil e apresenta danos irreparáveis em sua estrutura.

A borracha, o principal componente dos pneus, apresenta uma forte resistência à degradação térmica; assim, a reciclagem eficiente desses resíduos tornou-se um desafio que requer solução urgente

Segundo o relatório de pneumáticos do IBAMA de 2018, foram fabricados 1.076.801,84 pneus novos e foram geradas 585.252,32 toneladas de pneus inservíveis no Brasil no ano de 2017 [2].

Muitas pesquisas vêm sendo feitas a fim de minimizar esse problema. Uma das soluções encontradas, que além de resolver a questão ambiental, melhora efetivamente as propriedades físicas e mecânicas das argamassas e melhora sua ductilidade e capacidade de deformação, é a adição das partículas de borracha nas argamassas de cimento e areia.

Um exemplo são os estudos de Canova *et al.* (2015). Eles estudaram os efeitos da adição de até 12% de resíduo de pó de borracha em argamassa mista de revestimento e concluíram que, proporcionalmente ao aumento das adições de pó de borracha na argamassa, houve uma queda nas propriedades mecânicas. Isto ocorreu em função do aumento no teor de ar incorporado que o resíduo gera na argamassa, devido a sua baixa massa específica [3].

Este trabalho estuda a incorporação do resíduo de borracha moída de pneus inservíveis em substituição de parte do agregado miúdo na argamassa aplicada em contrapiso.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

O aglomerante empregado foi o Cimento *Portland* CP III 40.

O agregado miúdo utilizado foi a areia natural lavada proveniente do Rio Paraíba do Sul, sendo a granulometria baseada na areia normal do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), cujo material é separado nas seguintes frações granulométricas: grossa (#16), média grossa (#30), média fina (#50) e fina (#100). Dessa forma, visa-se assegurar que em todos os ensaios, de diferentes argamassas, sejam usadas a mesma curva granulométrica do agregado miúdo, para que não haja interferência nos resultados da pesquisa.

O pó de borracha (Figura 1) utilizado, com granulometria inferior a 0,6 mm, foi o gerado no setor de recauchutagem de pneu, disponibilizado pelo Instituto IDEA CÍCLICA (Instituto para Desenvolvimento Ambiental e Tecnológico), localizado na cidade de Magé - RJ. O Instituto IDEA atua na busca de alternativas que colaborem para que empresas e instituições, ecologicamente conscientes possam dar um destino ambientalmente seguro a seus resíduos.



Figura 1- Pó de borracha

A água utilizada nesta pesquisa foi a fornecida pela concessionária da cidade de Campos dos Goytacazes, Águas do Paraíba.

Substituição do pó de borracha

Foram escolhidas 4 proporções para a análise do estudo em questão: 0, 10, 20 e 30% de substituição da areia pelo pó de borracha, conforme exposto na Figura 2. A denominação das argamassas está apresentada na Tabela 1.

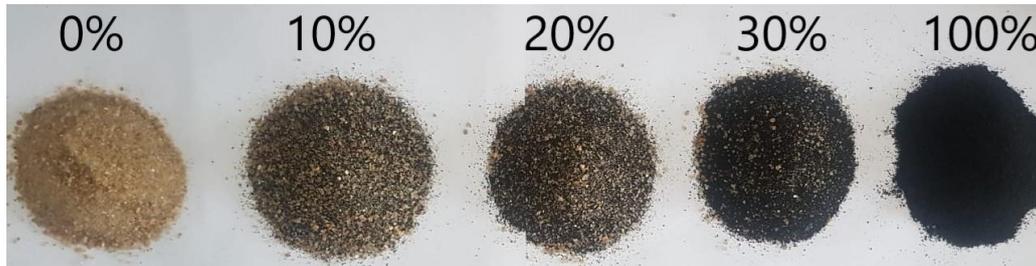


Figura 2 - Proporções de substituição

Tabela 1- Denominação das argamassas

Argamassa	Nome
Argamassa de referência (100% de agregado miúdo)	AS-0
Argamassa com 10% de substituição de areia por pó de borracha	AS-10
Argamassa com 20% de substituição de areia por pó de borracha	AS-20
Argamassa com 30% de substituição de areia por pó de borracha	AS-30

Ensaio de caracterização física

Foram realizados os ensaios de granulometria, segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003) [4], e massa unitária, segundo a NBR NM 45 (ABNT, 2006) [5], da areia, do pó de borracha e da areia acrescida de pó de borracha.

Preparo das argamassas

A dosagem das argamassas escolhida foi 1:6 em massa de cimento e areia, pelo seu uso já difundido em contrapisos de edificações. Essa dosagem proporciona uma argamassa do tipo “farofa”, sendo executada conforme prescrito na NBR 13276 (ABNT, 2016)[6] para argamassas a base de cimento. As quantidades de materiais para confecção das argamassas estão expostas na Tabela 2.

Tabela 2 – Quantidade de materiais

Argamassa	Cimento (g)	Água (g)	Areia (g)	Pó de borracha (g)	Relação a/c	Relação água/materiais secos
AS-0	428,6	330	2571,4	0	0,77	0,11
AS-10	428,6	404	2314,26	257,14	0,94	0,13
AS-20	428,6	478	2057,12	514,28	1,12	0,16
AS-30	428,6	552	1799,98	771,42	1,29	0,18

Moldagem dos corpos de prova

Em seguida, foram moldados 6 corpos de prova cilíndricos (4 x 4 x 16 cm) para cada argamassa de diferentes proporções de substituição. Os corpos de prova foram compactados com um soquete metálico com 25 golpes para cada 1/3 de camada.

Ensaio de resistência à tração na flexão

Foi realizado o ensaio de resistência à tração na flexão aos 28 dias, conforme as especificações da NBR 13279 (ABNT, 2005) [7].

Ensaio de resistência à compressão

Por fim, foi realizado o ensaio de resistência à compressão aos 28 dias com as metades dos prismas rompidos à tração na flexão, conforme as especificações da NBR 13279 (ABNT, 2005) [7].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Granulometria

A Figura 3 mostra as curvas granulométricas para as diferentes proporções de areia e pó de borracha. Com o aumento da adição de pó de borracha, houve também um aumento na porcentagem de finos presente na amostra, o que pode acarretar num aumento no índice de vazios da argamassa. O que explica também o aumento no consumo de água da argamassa.

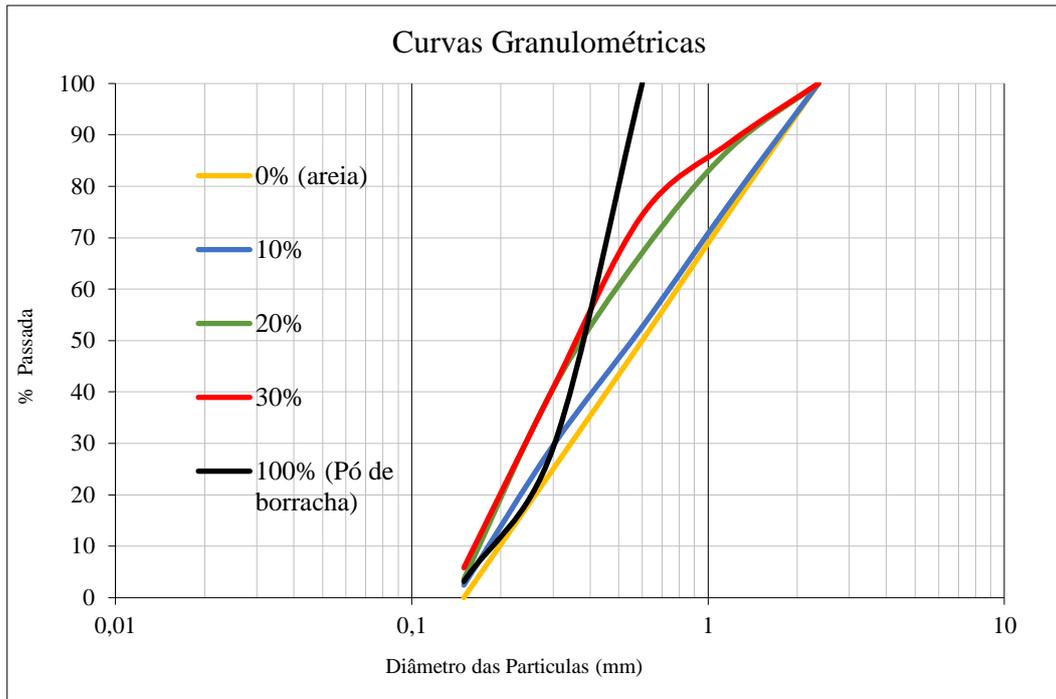


Figura 3 - Curvas granulométricas das proporções

A partir da análise dos ensaios de granulometria, pode-se encontrar os módulos de finura para as diferentes proporções, e concluir que, a medida em que se aumenta a concentração de pó de borracha na mistura, o módulo de finura da mistura decresce. Isso se deve ao fato de o resíduo de pó de borracha ser relativamente fino, possuindo módulo igual a 2,68, comparada a areia, que possui 3,50 [8].

Tabela 3 - Módulo de finura das diferentes proporções

Porcentagem	Módulo de Finura
0	3,50
10	3,39
20	3,01
30	2,91
100	2,68

Massa unitária

Na Figura 4, pode-se observar que, a medida em que se aumenta a quantidade de resíduo de pó de borracha à areia, diminui-se significativamente a massa unitária da mistura.

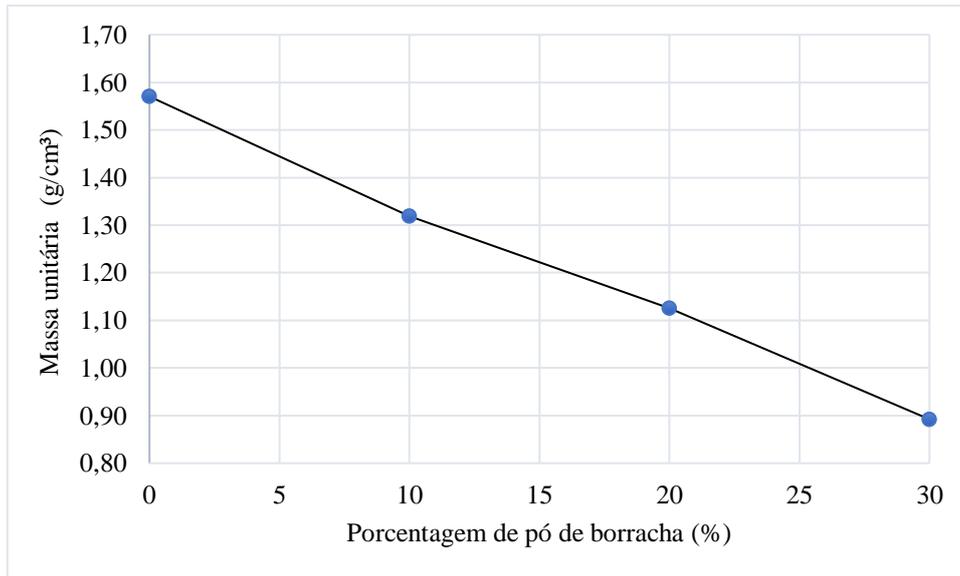


Figura 4 - Massa unitária das diferentes proporções

Resistência à tração na flexão e à compressão

Pode-se observar a partir da Tabela 4 que a resistência mecânica da argamassa decresce a medida em que se aumenta a quantidade de pó de borracha na argamassa. Isso se deve ao fato desse resíduo possuir baixa massa unitária, o que acarreta um aumento na quantidade de vazios e consequente diminuição de resistência [9].

Tabela 4 - Resistência à tração na flexão e à compressão para as diferentes argamassas

Argamassa	Resistência à compressão (MPa)	Resistência à tração na flexão (MPa)
AS - 0	7,41	2,41
AS - 10	4,59	1,76
AS - 20	2,43	0,94
AS - 30	1,56	0,76

CONCLUSÕES

A partir da análise das propriedades estudadas neste trabalho, é possível chegar a algumas conclusões sobre a incorporação de pó de borracha proveniente de pneus inservíveis na argamassa de contrapiso:

- Houve um aumento na porcentagem de finos com a substituição de parte da areia pelo pó de borracha.

- A massa unitária da areia com adição de 30% de pó de borracha foi significativamente inferior à da areia pura, cerca de 43%, o que pode ocasionar um aumento no índice de vazios.
- A substituição da areia pelo pó de borracha resultou em uma redução significativa nas resistências à compressão e à tração na flexão da argamassa, devido à baixa massa unitária do resíduo.
- A resistência à compressão da argamassa contendo 30% de substituição teve uma redução de cerca de 79% comparada à argamassa de referência.
- A resistência à tração na flexão da argamassa contendo 30% de substituição teve uma redução de 68% comparada à argamassa de referência.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UENF, em especial ao Laboratório de Engenharia Civil pelo espaço, equipe de técnicos e equipamentos utilizados nessa pesquisa. À CAPES, FAPERJ e CNPq pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: **Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.
- [2] IBAMA (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS) (2018). **Relatório de Pneumáticos de 2018**. Resolução CONAMA nº 416/09.
- [3] CANOVA, J., A.; BERGAMASCO, R.; ANGELIS NETO, G.; GLEIZE, P., J., P. (2012). **Comparative analysis of the properties of composite mortar with addition of rubber powder from worn tires**. Ambiente construído – Porto Alegre. Volume 12, nº 1.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: **Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: **Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, 2006.

- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência.** Rio de Janeiro, 2016.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13279: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.** Rio de Janeiro, 2005.
- [8] Azevedo, A.R.G.; França, B.R.; Alexandre, J.; Marvila, M.T.; Zanelato, E.B.; Xavier, G.C. Influence of sintering temperature of a ceramic substrate in mortar adhesion for civil construction. *J. Build. Eng.* 2018, 19, 342–348.
- [9] Azevedo, A.R.G.; Alexandre, J.; Xavier, G.C.; Pedroti, L.G. Recycling paper industry effluent sludge for use in mortars: A sustainability perspective. *J. Clean. Prod.* 2018, 192, 335–346.