

## AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA DE MISTURAS DE SOLO-CIMENTO COM RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE PNEUS RECAUCHUTADOS PARA A PRODUÇÃO DE TIJLOS\*

Pascoal Ferrari Pedrosa<sup>1</sup>  
Leonardo Gonçalves Pedroti<sup>2</sup>  
Niander Aguiar Cerqueira<sup>3</sup>  
Victor Barbosa de Souza<sup>4</sup>  
Afonso Rangel Garcez de Azevedo<sup>5</sup>  
Jonas Alexandre<sup>6</sup>  
Sergio Neves Monteiro<sup>7</sup>

### Resumo

Neste trabalho é apresentado os resultados de um estudo experimental com tijolos de solo-cimento vazado, com diferentes adições de resíduos de borracha vulcanizada oriundas da indústria de recauchutagem de pneus. Foram realizados ensaios de caracterização do solo utilizado, das composições desse solo com resíduos de borracha e das misturas de solo-cimento produzidas com essas composições. Conforme os resultados de ensaios realizados em corpos-de-prova cilíndricos e em tijolos de solo-cimento, verificou-se que: ainda não é possível a introdução do resíduo de borracha de pneus em blocos de solo-cimento, pois não atendem características da NBR-10834 [4] e precisam ser melhor avaliados.

**Palavras-chave:** Resíduos de borracha; Solo-cimento; Reciclagem; Desenvolvimento sustentável.

### ASSESSMENT TECHNOLOGY OF SOIL - CEMENT MIXES WITH TIRE INDUSTRY WASTE RETREADED FOR TIJLOS PRODUCTION

#### Abstract

This paper presents the results of an experimental study of soil-cement bricks cast, with different additions of waste vulcanized rubber originating from the tire retreading industry. Assays were performed to characterize the soil used, the compositions of this soil with rubber waste and soil-cement mixtures produced with these compositions. According to the results of tests on body-of-proof cylindrical and soil-cement bricks, it was found that: it is not possible to introduce the waste tire rubber tires into blocks of soil-cement because not meet specs NBR-10834 [4] and need to be better assessed.

**Keywords:** Waste rubber; Soil-cement; Recycling; Sustainable Development.

<sup>1</sup> Engenheiro Civil, Pós-graduando em Engenharia Estrutural Latu Sensu, Faculdade Redentor, Itaperuna, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>2</sup> Engenheiro Civil, Doutor em Engenharia e Ciências dos Materiais, Professor da Faculdade de Engenharia da UFV, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

<sup>3</sup> Engenheiro Civil, Mestre em Ciências de Engenharia, Doutorando em Engenharia Civil na UENF, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>4</sup> Engenheiro Mecânico, Mestre em Engenharia Mecânica, Doutorando em Engenharia Mecânica na UFF, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>5</sup> Engenheiro Civil, mestre, Laboratório de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>6</sup> Engenheiro Civil, doutor, Laboratório de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>7</sup> Engenheiro de Materiais, doutor, Departamento de Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

A construção de edificações de baixo custo representa, atualmente, uma das maiores carências no ramo da construção civil. Nesse contexto a utilização de tijolo de solo-cimento permite uma grande economia, com redução de custos que pode atingir até 40% do custo total da obra [1].

Uma possibilidade de maior contribuição para redução de custos é a utilização de resíduos na massa dos tijolos de solo-cimento, o que desempenha um papel fundamental na preservação e manutenção dos recursos naturais cada vez mais escassos.

Dessa forma, o objeto desse trabalho foi estudar o aproveitamento dos resíduos sólidos de borracha provenientes de recauchutagem de pneus na confecção de tijolos de solo-cimento prensados, avaliando a funcionalidade desta técnica como um método construtivo de alvenaria de vedação para habitação. A reciclagem dos resíduos de borracha provenientes das indústrias de recauchutagem de pneus se destaca como alternativa, de valorização desse material descartado, atribuindo-lhes a condição de material precioso, ao invés de simplesmente descartá-los na natureza.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de trabalho consistiu na caracterização da matéria prima, solo e resíduo, na determinação das composições solo-resíduo e dos traços de solo-cimento, na realização dos ensaios de resistência a compressão e absorção de água dos produtos resultantes segundo as normas brasileiras (NBR).

O resíduo de borracha foi recolhido na recauchutadora PAES PNEUS, da cidade de Muriaé-MG, sendo empregado material passante na peneira #20. O Solo empregado foi do município de Pedra Dourada-MG.

Na composição do solo-cimento, além do estudo com o solo natural, foram estudadas mais duas composições: solo mais 5% de resíduos de borracha; solo mais 10% de resíduos de borracha (em relação à massa do solo). Para cada uma dessas composições se utilizou três teores de cimento (8, 10 e 12%) em relação à massa da composição solo-resíduo.

Foi realizada a determinação da composição química do resíduo de borracha por meio da técnica de análise química por fluorescência de raios X, de energia dispersiva (EDX), em um equipamento Shimadzu EDX-700 do Laboratório de Engenharia Civil (LECIV/UENF).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Parâmetros Físicos

Na tabela 1 são apresentados os valores obtidos nos ensaios de granulometria e massa específica para o solo e o resíduo de borracha empregados no estudo, sendo que 56,72% da amostra de solo passa pela peneira #200.

**Tabela 1.** Granulometria e Massa Específica

Material	Diâmetro Máximo (mm)	Módulo de Finura	Massa Esp.Real g/cm <sup>3</sup>	Massa Unitária seca g/cm <sup>3</sup>
Resíduo	9,5	3,86	-	0,367
Solo	2,00	2,40	2,41	1,04

Nos ensaios de consistência, obteve-se Limite de liquidez de 32%, Limite de Plasticidade de 14,4%, Índice de Plasticidade de 17,6%. Sendo assim, o solo empregado nesse estudo não é o ideal para fabricação de tijolos de solo-cimento [2]. Porém, segundo Lopes [3] os solos siltosos e argilosos prestam-se satisfatoriamente à execução do solo-cimento, necessitando, entretanto, de teores elevados de cimento para se estabilizarem.

### 3.2 Análise Química

A composição química dos resíduos de borracha, determinada pelo aparelho de fluorescência de raios-X de energia dispersiva (EDX), indicou a presença de 28,425% de Óxido Sufúrico ( $\text{SO}_3$ ), 23,102% de Sílica ( $\text{SiO}_2$ ), 17,096% de Óxido de Zinco ( $\text{ZnO}$ ), 15,115% de Hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), 8,973% de Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e o restante de  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$  e  $\text{Sc}_2\text{O}_3$ .

### 3.3 Parâmetros Mecânicos – Corpos de Prova

A Figura 1 apresenta os resultados para a Resistência à compressão simples para corpos-de-prova confeccionados com diferentes misturas de solo-cimento-borracha, ensaiados aos 28 dias.

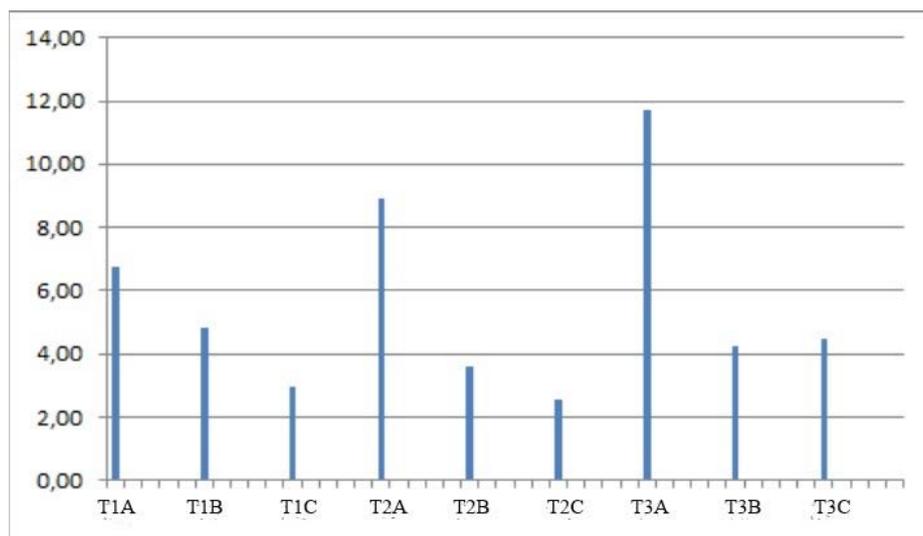


Figura 1 – Resistência dos Corpos de Prova (Mpa)

Observa-se que todos os traços obtiveram ganhos superiores a resistência mínima estabelecida pela NBR 10834 [4]. Os maiores valores foram apresentados pelos traços T3A (solo + 12% de cimento) e T2A (solo + 10% de cimento). Por outro lado, os menores valores foram alcançados pelos traços T1C (solo + 8% de cimento + 10% de borracha), T2C (solo + 10% de cimento + 10% de borracha). Os traços que tiveram adição de resíduo de borracha em sua composição tiveram decréscimos significativos na resistência à compressão simples, isso se deve à propriedade elástica da borracha.

Na figura 2 são apresentados os resultados para o ensaio de Absorção de Água dos corpos-de-prova solo-cimento-borracha.

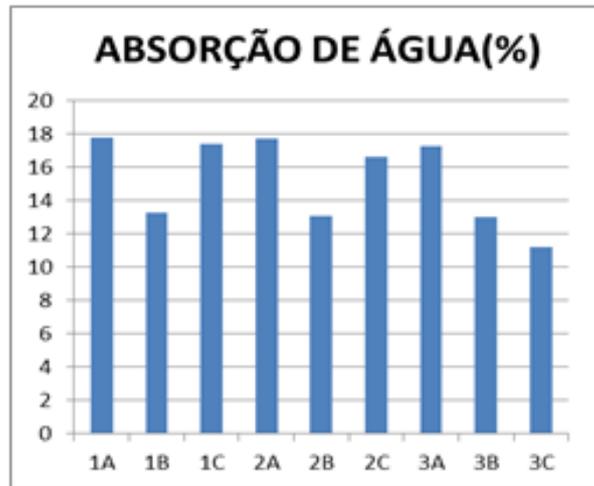


Figura 2 – Absorção de Água

Como pode se observar a partir dos resultados da figura 2, os traços T3C (solo + 12% de cimento Portland + 10% de borracha), T2B (solo + 10% de cimento Portland + 5% de borracha), T3B (solo + 12% de cimento Portland + 5% de borracha), foram os que tiveram menores valores de absorção de água. Por outro lado, os traços T1A (solo + 8% de cimento) e T2A (solo + 10% de cimento Portland), apresentaram os maiores valores de absorção de água, estatisticamente iguais.

Os corpos-de-prova com adição de 5% de resíduo de borracha, em média, absorveram menor absorção de água que os demais traços. Todos os traços obtiveram resultados positivos com absorção de água inferior, a máxima absorção estabelecida pela NBR 10836[5].

### 3.3 Parâmetros Mecânicos – Amostras de Tijolo

Após a realização dos ensaios preliminares, mediante os quais foram estudados os diferentes traços e caracterizados os materiais utilizados procederam-se à confecção dos tijolos. Foram escolhidos os traços T3A e T3C, por estes terem apresentado bom desempenho nos ensaios realizados.

Os resultados do ensaio de resistência à compressão simples e absorção de água para tijolos confeccionados, aos 28 dias, estão apresentados na figura 3.

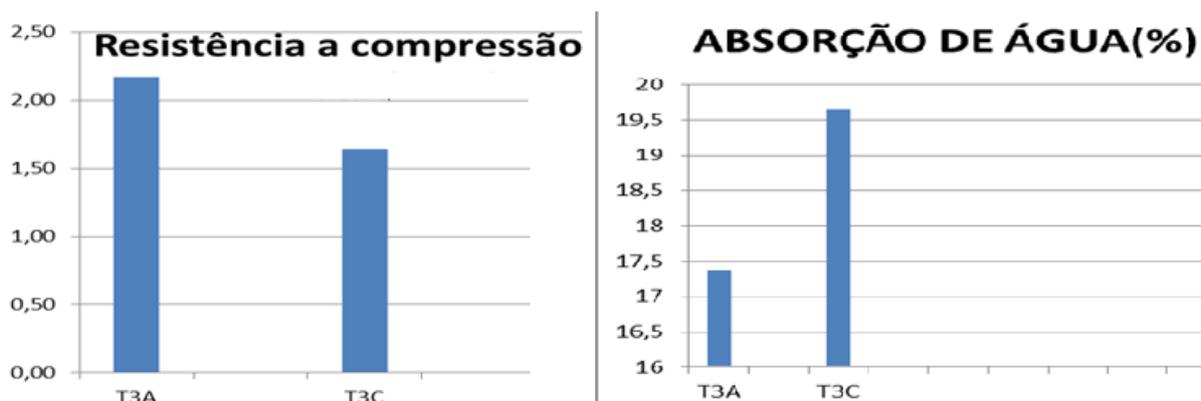


Figura 3 – Resultados para Tijolos de Solo-cimento

Nos gráficos da figura 3, observa-se que na média o T3C (solo + 12% de cimento Portland + 10% de resíduo de borracha) não conseguiu atingir os valores mínimos estabelecidos pela NBR 10834:2012 [4] que é de 2,0 MPa. Já o traço T3A (Solo + 12% de cimento Portland) obteve um valor médio de 2,2 Mpa, superior ao mínimo. Com relação à absorção, tanto o traço T3A como o T3C apresentaram valores satisfatórios, ou seja, com média menor que 20%.

Os resultados obtidos para resistência dos corpos de prova e das amostras de tijolo apresentaram valores muito distintos, como pode ser observado dos gráficos das figuras 1 e 3. Uma possível explicação se dá pela diferença da cura, pois a cura dos tijolos foi feita à sombra sem umedecimento e dos corpos de prova foi feita com umedecimento. Segundo o CEPED [6] e Lima [7], a cura provoca redução de resistência mecânica dos tijolos. Considerando-se a cura em câmara úmida, cura a sombra com umedecimento, cura ao ar livre e cura à sombra sem umedecimento, ficou comprovada uma redução da resistência à compressão simples da ordem de 40%, quando não se utiliza qualquer processo que evite a secagem rápida do material.

#### 4 CONCLUSÃO

Os resultados alcançados neste trabalho estão baseados em estudos preliminares com corpos de prova fabricados com diferentes teores de incorporação de resíduos de pneus e de duas amostragens de tijolos.

Com base nos resultados observados, pode-se concluir que os corpos de prova moldados com resíduo de borracha apresentaram valores satisfatórios de resistência à compressão simples e absorção de água para a incorporação de 10% de resíduo de borracha à mistura de solo-cimento. Para resistência mecânica obteve-se um valor máximo de 4,6 Mpa e para absorção de água um valor de 11,24%.

No entanto, quando a análise de tijolos indicou uma baixa resistência mecânica para tijolos com a incorporação de 10% de resíduo de borracha. Portanto, a utilização deste resíduo como agregado na confecção de tijolos solo-cimento precisa ser melhor avaliado considerando parâmetros como o controle da umidade da massa, os teores de resíduo de borracha, granulometria do solo base do tijolo e a cura dos tijolos.

Esse estudo deve sofrer continuação, pois a utilização do resíduo de borracha nos tijolos solo-cimento poderia contribuir ambientalmente de maneira positiva, uma vez que são gerados grandes volumes desse resíduo, contribuindo assim para dar destino a um resíduo sólido e poupar e preservar recursos naturais.

#### REFERÊNCIAS

- 1 Pedroti, L. G. Estudo de conformidades em relação à ABNT de blocos cerâmicos prensados e queimados. 2007. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.
- 2 Associação Brasileira de Cimento Portland. Fabricação de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas manuais. ABCP, São Paulo, 1985.
- 3 Lopes, W. G. R. Solo-cimento reforçado com bambu: características físico-mecânicas. 2002. Dissertação de (Doutorado), Campinas, SP, UNICAMP, 158p.
- 4 ABNT NBR 10834: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural. Rio de Janeiro, 2012.
- 5 ABNT NBR 10836: Bloco vazado de solo-cimento - Determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2013.

- 6 CEPED (1984) Centro De Pesquisa E Desenvolvimento Da Bahia. Cartilha para construção de paredes monolíticas em solo-cimento. 3ª Edição Revisada e Ampliada. Rio de Janeiro, BNH/DEPEA, 32p.
- 7 Lima, T. V. Estudo da produção de blocos de solo-cimento com matérias-primas do núcleo urbano da Cidade de Campos dos Goytacazes- RJ. 2006. Tese de (Mestrado), Campos dos Goytacazes, RJ, CCT UENF. p.17-30