

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DE PNEUS INSERVÍVEIS NA FABRICAÇÃO DE COMPÓSITOS

R.V. da Silva*, D.M. Louzada, G.S Araújo, T. Almeida, V.Brito, N.H.S. Rupp
*Av. Vitória, 1729, Jucutuquara, Vitória – ES, rosanavilarim@gmail.com
Instituto Federal do Espírito Santo – IFES

RESUMO

A proposta deste estudo é desenvolver um produto na forma de placas para uso na construção civil, que consiste em um compósito com resina poliéster ortoftálica reforçada com resíduos de construção e demolição (RCD) e de pneus inservíveis. Inicialmente foi feita a caracterização do RCD para identificação dos materiais presentes e suas características. Em seguida foi feito o peneiramento dos resíduos e definição da composição granulométrica. A composição em peso das placas foi 62,8% de RCD, 27,3% de resina e 9,9% de pneus. As placas foram conformadas em um molde metálico adaptado a uma prensa. Os resíduos granulados foram dispostos no molde, cobertos com resina e comprimidos com carga de 1,5 ton. Para a caracterização do produto foi realizada análise macroestrutural e ensaio de flexão em três pontos diretamente na placa, conforme NBR 13818. A carga média de ruptura foi de 322N indicando que as proporções precisam ser aprimoradas para conferir maior resistência ao material.

Palavras chave: Compósito, Resíduo de construção e demolição, resíduo de pneus, matriz polimérica.

INTRODUÇÃO

De uma forma geral entende-se por resíduos todos os materiais que resultam das atividades humanas e que muitas vezes podem ser aproveitados tanto para reciclagem como para sua reutilização. No Brasil a Lei nº 12.305/10, regulamentada pelo Decreto 7.404/10, instituiu a **Política Nacional de Resíduos Sólidos**⁽¹⁾, que regulamenta a destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos. A lei, aprovada em 2010, está longe da realidade da maioria das cidades brasileiras que ainda convive com aterros e lixões.

Felizmente, alguns setores registram avanços, como a construção civil, responsável por mais da metade do volume de resíduos gerados no país. Grande parte desse resíduo é reciclada atendendo as atuais exigências legais, descritas na resolução CONAMA nº 307 de 2002 ⁽²⁾. Segundo essa resolução os resíduos de demolição e

construção (RCD) são classificados como Resíduos Classe A (Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados). Atualmente grande número de empresas instituem sistemas de gerenciamento nos canteiros de obras e destinam seus resíduos às empresas especializadas na triagem e reciclagem de entulho. A reciclagem consiste basicamente na trituração e britagem do resíduo e classificação em faixas granulométricas. Os principais usos desses resíduos, denominados de RCD (resíduo de construção e demolição), são em pavimentação e como agregados para argamassas e concretos ⁽³⁾. No entanto, entre a população, ainda é comum a prática de descartar estes rejeitos de forma indiscriminada em áreas para a deposição de entulhos, causando uma série de problemas ao meio ambiente.

A busca por soluções sustentáveis para a problemática desses resíduos passa por encontrar novos usos que atendam às demandas do mercado consumidor e aos requisitos de desempenho. Nesse cenário, a construção civil é uma indústria com alto potencial para absorver os resíduos dela mesma e de outros setores, geralmente na fabricação de materiais de construção. Os materiais de construção utilizam, em grande medida, como principal aglomerante, o cimento Portland cuja fabricação é, sabidamente, uma atividade altamente impactante, seja pelo consumo de energia ou pela emissão de CO₂ ^(4,5).

É nesse contexto que se insere a proposta deste trabalho, produzir materiais de construção de baixo custo utilizando agregados reciclados, RCD e pneus inservíveis, e polímero como aglomerante em substituição ao cimento. O resíduo de pneu pode ser adquirido com diferentes granulometrias e apresenta a vantagem de ser um material tenaz, grande absorvedor de energia. Se utilizado em conjunto com o RCD e um polímero termorrígido pode atuar como tenacificante reduzindo a fragilidade natural da resina.

Sendo assim foi desenvolvido um material compósito na forma de placas no qual os resíduos granulados de RCD e de pneus inservíveis foram impregnados com uma resina poliéster termorrígida. Além de produzir um material de menor custo que os materiais tradicionais, a proposta pretende contribuir com o reaproveitamento desses resíduos e conseqüente minimização dos impactos ambientais gerados pelo seu descarte inadequado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Para a fabricação das placas de material compósito foi utilizada, como matriz, a resina poliéster ortoftálica (NOVAPOL L120), catalizada com 1% em peso de MEKP. Os reforços granulares são o RCD e borracha de pneus inservíveis. O RCD é proveniente de demolições e sobras da construção civil na região da Grande Vitória no Espírito Santo e foi doado pela Ureserra, empresa da região. O resíduo de pneu também foi obtido por doação e é derivado de processos de trituração de pneus inservíveis ou de processos de recauchutagem. A Figura 1 apresenta os resíduos na condição recebida.



Figura 1. Resíduos de RCD (a) e pneu (b) como recebidos.

Limpeza e caracterização do RCD e do resíduo de pneu

Inicialmente o RCD foi peneirado sendo selecionadas 3 faixas granulométricas:

Faixa 1 (grosso) – Passante na peneira de 9,5 mm e retido na peneira de 6,3 mm.

Faixa 2 (médio) – Passante na peneira de 6,3 mm e retido na peneira de 4,8 mm.

Faixa 3 (fino) – Passante na peneira de 4,8 mm e retido na peneira de 2,4 mm.

Após a seleção o material foi lavado para remoção de poeira e materiais estranhos como madeira, folhas, pregos e etc. Finalizada a limpeza o material foi espalhado sobre lonas plásticas e deixado a secar naturalmente. Para a caracterização do RCD foi feito um processo de quarteamento, segundo a norma NBR NM 27:2001⁽⁶⁾, para cada faixa granulométrica. Após a obtenção das amostras, as mesmas foram pesadas e em seguida foi feita a classificação dos diferentes materiais presentes nessas amostras. Por fim, cada um dos grupos de materiais identificados nas amostras foi pesado separadamente. O resíduo de pneus inservíveis foi também peneirado e apresentou granulometria entre 0,3 a 2,4 mm.

Fabricação do compósito

As placas de material compósito foram confeccionadas utilizando a técnica de moldagem por compressão. Foi utilizado um molde metálico do tipo macho e fêmea, com dimensão de 250 x 240 mm e altura variável, adaptado a uma prensa com capacidade de 15 ton. O procedimento consiste em depositar uma camada inicial de resina no molde, seguida de uma camada de RCD, uma camada de resíduo de pneu, uma segunda camada de RCD e uma última camada de resina que deve impregnar todo o granulado. Em seguida o molde é fechado e levado a uma prensa sendo aplicada uma carga de aproximadamente 1,5 ton que é mantida durante a cura da resina. A desmoldagem é realizada após 24h. A dimensão média das placas foi de 250 x 240 x 14 mm e o peso médio de 1210g. Cada placa é composta de 62,8% de RCD (760g), 9,9% de pneu (120g) e 27,3% de resina (330g). O RCD consistiu numa mistura das três faixas granulométricas selecionadas na seguinte proporção (em massa): 10% da Faixa 1, 70% da Faixa 2 e 20% da Faixa 3.

Ensaio de flexão

O ensaio de flexão foi realizado em uma máquina universal de ensaios EMIC DL10000, com célula de carga de 100 Kgf, seguindo recomendações das normas ABNT NBR 13818 ⁽⁷⁾ [6] e ASTM D 790 ⁽⁸⁾. A distância entre apoios foi de 220 mm e a velocidade de ensaio de 2,5 mm/min. Vale enfatizar que, sendo este um material inovador, não existe norma específica de ensaio, por esta razão foram utilizadas as normas citadas que são as que mais se aproximam do material desenvolvido. O ensaio foi realizado diretamente na placa (produto) sendo determinada a carga de ruptura (CR) e o módulo de resistência à flexão (MRF), calculados pelas equações A e B indicadas a seguir.

$$CR = \frac{F \times L}{b} \quad (A)$$

$$MRF = \frac{3}{2} \times \frac{F \times L}{b \times e^2} \quad (B)$$

Onde F é a força de ruptura em Newtons, L é a distância entre as barras em mm, b é a largura do corpo de prova em mm e “ e ” é a espessura média do corpo de prova em mm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta a composição do RCD para as três faixas granulométricas selecionadas (grosso, médio e fino). As composições das diferentes faixas granulométricas são semelhantes. Em todas as amostras foram identificados os seguintes materiais: rochas naturais, argamassa de concreto, cerâmicas, gesso, material pulverulento e outros. A Figura 2 apresenta os materiais identificados nas amostras.

Tabela 1. Composição do RCD para as três faixas granulométricas (percentual em massa).

Faixa Granulométrica	Faixa 1 (grosso)	Faixa 2 (médio)	Faixa 3 (fino)
Argamassa de concreto	48,59	48,22	47,46
Rochas naturais	46,46	48,11	46,87
Cerâmicos	2,25	1,05	1,19
Gesso	0,31	0,81	1,02
Material pulverulento (pó)	0,63	0,97	1,14
Outros	1,74	0,83	2,31

O RCD é majoritariamente composto de argamassa e rochas (mais de 90% do material), sendo que essa última estava aderida ou não à argamassa. Há pequena parcela de materiais de menor resistência mecânica (cerâmicos, gesso, pó e outros), que não deve afetar significativamente o desempenho do produto. A parcela de outros consiste basicamente em madeira, materiais metálicos (pregos e arames) e plásticos. Com relação ao granulado de pneu 90% do mesmo possui granulometria entre 0,6 e 1,2 mm, podendo ser considerado um material fino.



Figura 2. Materiais identificados em uma das amostras do RCD (Faixa 3). Obs: as imagens não estão na mesma escala.

Foram moldadas seis placas com espessura média de 14 mm. Foi observada certa heterogeneidade entre as mesmas, o que era esperado tendo em vista o processo manual de moldagem. Das seis placas moldadas quatro foram ensaiadas e duas descartadas por apresentarem defeitos. A Figura 3 mostra uma das placas moldadas. A transparência da resina permite a visualização dos granulados o que confere uma beleza natural ao produto.



Figura 3. Placa de material compósito.

A Figura 4 apresenta a seção transversal de uma placa na região fraturada após o ensaio de flexão. É possível observar o bom molhamento dos granulados pela resina, que fica brilhante, e a camada central de resíduo de pneu que foi adicionada no intuito de reduzir a fragilidade do material. Isto demonstra que a proporção de material adotada permitiu o empacotamento dos diversos materiais de forma que o produto final obtido foi uma placa compacta. Os materiais mais finos preencheram os vazios dos materiais mais grossos e a resina atuou como material aglomerante atendendo ao proposto de substituir o aglomerante Cimento Portland.



Figura 4. Seção transversal de uma placa fraturada no ensaio de flexão.

Os resultados do ensaio de flexão, realizados diretamente no produto, ou seja, nas placas, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados do ensaio de flexão

Placas de Compósitos	Carga de ruptura (N)	Módulo de resistência à flexão (MPa)
Placa 1	374,92	2,69
Placa 2	281,42	2,08
Placa 3	382,25	3,10
Placa 4	247,50	1,98
Média	321,5	2,5

A carga média de ruptura foi de 321,5 N e o módulo de resistência à flexão 2,5 MPa. Sendo o material inovador não há norma específica para ensaio e comparação dos resultados. Como parâmetro de referência foi adotado a norma ABNT NBR 13818:1997⁽⁷⁾, que trata de placas de revestimentos cerâmicos. Esta norma indica as propriedades requeridas para a especificação do produto conforme vários aspectos, tais como: grupos de absorção, método de fabricação, aspecto visual, etc.. Comparando as propriedades determinadas no ensaio de flexão com as especificações da referida norma pode-se constatar que o produto desenvolvido não atende aos requisitos da norma. Sendo assim, as proporções entre granulado e resina, bem como a espessura da placa, precisam ser aprimoradas para conferir maior resistência ao material.

CONCLUSÕES

O resíduo de construção e demolição (RCD) utilizado neste trabalho é majoritariamente composto de argamassa e rochas (mais de 90% em massa), e pequena parcela de materiais de menor resistência mecânica (cerâmicos, gesso, pó e outros).

O material obtido atende ao proposto de substituir o aglomerante Cimento Portland por polímero.

A composição dos materiais, aliado ao sistema de produção (moldagem por compressão) permitiu a obtenção de um produto compacto, translúcido e com potencial para aplicação em revestimentos.

Comparando as propriedades determinadas no ensaio de flexão com as especificações da norma NBR 13818:1997⁽⁷⁾ constata-se que o produto não atende aos requisitos da mesma. Sendo assim, as proporções entre granulado e resina,

bem como a espessura da placa, precisam ser aprimoradas para conferir maior resistência ao material.

REFERÊNCIAS

1. BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de resíduos sólidos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>.
2. Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002 Publicada no DOU no 136, de 17 de julho de 2002, Seção 1, páginas 95-96. Alterada pela Resolução no 348/04.
3. MARQUES NETO, **J. C. Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil**. 2009, 629p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP, São Paulo.
4. CEMENT SUSTAINABILITY INITIATIVE (CSI). Plano de Ação. 2002. Disponível em: < http://www.wbcscement.org/pdf/agenda_po.pdf> Acesso em 10 abr de 2016.
5. CARDOSO, B. H.; CANAZARO, C. C.; MANCIO, M. Durabilidade e Sustentabilidade das Estruturas: Desafios e Oportunidades. In: 7º Forum Internacional de Resíduos Sólidos. Porto Alegre, 2016. **Anais...**Rio Grande do Sul.
6. _____. NBR NM 27:2001. Agregados – Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório, Rio de Janeiro, 2002.
7. _____. NBR 13818 - Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. - NBR 13.818:1997
8. ASTM. D 790 – 02, Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating material, Philadelphia, PA : American Society for Testing and Materials.

ABSTRACT

The aim of this work is to develop a product in the form of plates for use as construction material. It consists of a composite with orthophthalic polyester resin reinforced with Construction and Demolition Waste (RCD) and scrap tires. It was realized the RCD characterization for identification of materials and their characteristics. Then the wastes were sifted for determination of particle size and definition of the granulometric composition. The composition of the plates was 62.8% of RCD, 27.3% of resin and 9.9% of tires. The plates were made in a metal mold adapted in a press. The granular wastes were disposed in the mold, covered with resin and compressed with 1.5 ton. For characterization of the product it was carried out macrostructural analysis and three point bending test directly on the plate, according to NBR 13818. The fracture load was 322N indicating that the proportions need to be enhanced to provide a more resistant material.

Key-words: Composite, Construction and Demolition Waste, scrap tires, polymeric matrix.