

ESTUDO DA INSERÇÃO DE RESÍDUOS POLIMÉRICOS PROVENIENTES DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS INSERVÍVEIS EM COMPÓSITOS CERÂMICO/POLIMÉRICOS

João Pedro Cortez VRENN¹
Prof. Dr. Elton Aparecido Prado dos REIS²

RESUMO: A evolução da sociedade moderna possibilita a melhora de sua qualidade por meio da criação de instrumentos que visam facilitar a comunicação entre os povos, a rapidez da divulgação de informações, a geração de novas formas de entretenimento, entre vários outros. Todavia, a esta evolução vincula-se a geração de novos resíduos, em grandes quantidades e alta periculosidade, os quais acarretam em valores de descarte e também sérios riscos a população, podendo causar diversas doenças, entre outros males. A fim de se direcionar aplicabilidade a um dos destes resíduos e assim minimizar os impactos ele causados, propôs-se neste projeto o desenvolvimento de compósitos utilizando-se resíduos poliméricos triturados, frutos de carcaças de equipamentos eletrônicos inservíveis, como substituinte parcial de agregados graúdos empregados na fabricação de elementos cerâmicos utilizados nos diferentes ramos de construção civil. Foram desenvolvidas diferentes proporções em massa da relação brita/polímero, sendo posteriormente fabricado o compósito utilizado cimento Portland/areia/(brita/polímero), por meio de relação 1:2,6:2,4, respectivamente. Após a fabricação, os compósitos foram caracterizados por meio de análises mecânicas a fim de se avaliar as propriedades resistência a compressão possíveis aplicações aos artefatos. Visou-se também o estudo da melhor mistura do material, para que possa analisar a interação entre os componentes da mistura e assim correlacionar tal propriedade com os resultados verificados via análise mecânica.

Palavras-chave: Resíduo. Eletrônico. Meio-Ambiente. Compósito. Agregado.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, em todo o mundo, com a expansão da nova era digital, milhares de computadores obsoletos são descartados, devido à substituição por computadores mais modernos e também por tablets, smartphones entre outros. [1]

Estes equipamentos descartados compõem uma nova gama de resíduos, denominados de lixo eletrônico. São classificados como lixo tecnológico aparelhos como: Televisores, rádios, telefones celulares, eletrodomésticos portáteis, todos os

¹ Discente do 3º ano do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário “Antônio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. E-mail: joao.vrena@gmail.com. Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica.

² Docente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário “Antônio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. Doutor em Ciência e Tecnologia de Materiais pela Universidade Estadual Paulista “Júlio, de Mesquita Filho”. E-mail: elton.reis@toledoprudente.edu.br. Orientador do trabalho.

equipamentos de microinformática, vídeos, filmadoras, videogames, ferramentas elétricas, DVDs, lâmpadas fluorescentes, brinquedos eletrônicos e muitos outros criados para facilitar o cotidiano (RODRIGUES, A.C, 2003). [2]

Em relação a produção nacional deste resíduo, segundo uma pesquisa da Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas, realizada em 2014, o Brasil já tem 136 milhões de computadores em uso, e de acordo com um relatório divulgado pela Pnuma em 2010, o país tende a crescer em 400% na produção de lixo eletrônico por parte de computadores. [3]

Estima-se que cerca de 97 mil toneladas métricas de computadores e 17,2 mil toneladas de impressoras são descartadas por ano no Brasil, do total de 366 milhões de toneladas de lixo gerado anualmente (Pnuma – Programa da ONU para o meio ambiente). [4]

Segundo a ONU, o Brasil não possui nenhum tipo de plano para reduzir ou cessar o problema de lixo eletrônico, o que gera uma grande preocupação, pois se supõe que cada brasileiro descarta cerca de 0,5 kg por pessoa/ano (PORTAL EXAME, 2010). [5]

No que se refere à sua composição, de acordo com o Programa Ambiental das Nações Unidas, o computador é formado por metais ferrosos (32%), plástico (23%), metais não ferrosos (18%), vidro (15%) e placas eletrônicas (12%).

Em relação à classificação destes resíduos, devido ao fato de que a maioria de seus componentes são materiais classificados, de acordo com a ABNT NBR 10004/2004, como resíduo classe I - perigosos, acarretam em altos valores de descarte, devido à necessidade de serem encaminhados para aterros certificados. [6]

Além dos problemas econômicos envolvidos, destacam-se os sérios problemas ambientais vinculados à disposição irregular. Pois uma vez rejeitado de forma inadequada, este material poderá acarretar sérios danos a fauna e flora, devido a lixiviação de elementos nocivos presentes em sua estrutura.

Dentre os danos causados pode se citar os vinculados ao mercúrio que pode causar danos cerebrais e ao fígado; e o chumbo, que por sua vez pode causar náuseas, perda de coordenação e memória, e em casos extremos, ao coma e a morte. [1]

Visando um direcionamento aplicativo a estes resíduos, centros de pesquisa buscam formas de reutilizá-lo como matéria prima na fabricação de outros artefatos. Dentre estas pesquisas, destaca-se a realizada por Saron, et al., na qual visa à

caracterização de copolímeros reciclados e poliestireno de alto impacto de equipamentos de informática de resíduos no Brasil. [7]

Destaca-se também o trabalho desenvolvido por Rodrigues, a qual realizou estudos sobre o fluxo domiciliar de geração e destinação de resíduos elétricos e eletrônicos no município de São Paulo-SP. [8]

Das formas de utilização destes resíduos como matéria prima, verifica-se também a possibilidade de sua utilização como carga inerte na fabricação de compósitos de matriz cerâmica ou polimérica, possibilitando a criação de novos materiais a serem utilizados no âmbito industrial e tecnológico.

Entre os compósitos a serem gerados, destaca-se neste trabalho a possível utilização de plásticos oriundos de equipamentos eletrônicos como carga não reforçante na fabricação de elementos cerâmicos, tais como diversos blocos cerâmicos, onde o resíduo poderá ser enquadrado como agregado graúdo no desenvolvimento destes.

Com a fabricação destes novos blocos se poderá reduzir o impacto econômico causado pelo descarte destes resíduos, uma vez que não serão mais descartados e sim reutilizados, gerando uma nova opção de materiais nos ramos da construção civil e auxiliando na geração de novos empregos nesta área.

Ressalta-se também importância ambiental vinculada, pois este novo material poderá minimizar os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado destes resíduos, que até então contaminam recursos hídricos e seres vivos.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Preparação dos compósitos

Para fabricação dos compósitos cerâmico/poliméricos, primeiramente foi realizado a trituração e peneiramento dos resíduos, visando a obtenção de uma granulometria inferior a 5 mm. Verificando a dificuldade de obter tal granulometria devido à falta de equipamento necessário, o projeto foi alterado para substituição do agregado graúdo, ainda em estágio inicial, para uma granulometria de 9,5 mm a 19 mm (brita 1).

O procedimento foi realizado inicialmente de forma manual, realizando a quebra dos resíduos para partículas de menores dimensões, e posteriormente, foi realizado a quebra em um britador tipo impacto (Impact Crusher), com capacidade para 5

toneladas/hora pertencente ao laboratório de difração de RAIO-X da Faculdade de Ciências e Tecnologia - UNESP de Presidente Prudente- SP, sob responsabilidade do Prof. Dr. Silvio Rainho Teixeira.

Após esta etapa, foi realizado um estudo para identificar o melhor traço a ser utilizado neste projeto, e conforme mostra a tabela 1, após realizar alguns ensaios de resistência mecânica com diferentes traços, mantendo o mesmo fator de argamassa, identificou-se melhores resultados com o traço 1:2,6:2,4 e fator água/cimento = 0,6. Este resultado se deve a este traço apresentar melhor fluidez e maior dispersão das partículas dos constituintes da mistura.

Corpo de Prova	Traço	Fator água/cimento	Força (kN)	Tensão (MPa)
CP-1	1:2:3	0,8	83.33	10.62
CP-2	1:2:3	0,8	62.74	7.99
CP-3	1:2,6:2,4	0,6	111.95	14.26
CP-4	1:2,6:2,4	0,6	166.61	21.22
CP-5	1:2,6:2,4	0,8	83.94	10.69
CP-6	1:2,6:2,4	0,8	81.67	10.40

Tabela 1 Resultados obtidos a partir de ensaio mecânico

Em seguida, foi realizado a mistura manual, em diferentes proporções em massa, de agregado graúdo com resíduo triturado, gerando-se elemento denominado neste trabalho de brita/resíduo. Após a obtenção de brita/resíduo, foi iniciado o processo de geração dos compósitos. Para isso foi utilizado o traço de 1:2,6:2,4, o qual corresponde a proporção em massa de cimento Portland, areia e brita/resíduo, respectivamente.

Dos resíduos utilizados, optou-se pelo uso do ABS (Acrilonitrilo-butadieno-estireno) e do HIPS (High Impact Polystyrene, ou Poliestireno de Alto Impacto), utilizados em utensílios domésticos, brinquedos, bens de consumo, telefones, capacetes de segurança, devido as suas propriedades mais importantes, que são a resistência ao impacto e a rigidez. Tais materiais foram fornecidos pelo projeto “E-Lixo”, que visa direcionar de forma correta todo o resíduo eletrônico arrecadado, pertencente ao Centro Universitário Antônio Eufrásio de Toledo, sob coordenação do professor Raphael Garcia.

A mistura dos materiais foi feita de forma manual, utilizando-se uma espátula metálica e em seguida, a mistura foi disposta em forma cilíndricas de 5 cm de raio e 20 cm de altura, vibrados manualmente, e dispostos a secagem, visando-se sua cura, em temperatura ambiente em local protegido de intempéries para as primeiras 24h (cura inicial), como retrata as Figuras 1 e 2, e em tanque de imersão com uma solução saturada de hidróxido de cálcio - Ca(OH)_2 , durante 28 dias, de acordo com a norma ABNT NBR 5738/2015.



Figuras 1 e 2: Preparação dos compósitos brita/resíduo

2.2 Capeamento de corpo de prova

Após a realização dos corpos de prova, verificou-se irregularidade na superfície dos corpos de prova, e então foram realizados o capeamento (revestimento do topo) dos corpos de prova, com pasta de cimento, com espessura inferior a 3mm, conforme a norma ABNT NBR 5738/2015, retratados pela imagem a seguir:



Figura 3: Capeamento do corpo de prova

2.2 Ensaio mecânico

Após realizados os capeamentos, os corpos de prova foram submetidos a ensaios mecânicos (compressão) até a ruptura de acordo com a norma NBR 5739/2007. Através desta técnica foi possível avaliar as propriedades mecânicas dos compósitos, averiguando-se a influência do resíduo polimérico em relação a apresentada pelos elementos cerâmicos utilizados difundidos na construção civil. Os ensaios foram realizados em uma máquina universal de ensaios, modelo EMIC 23-100, eletromecânica, microprocessada, marca INSTRON/EMIC, pertencente ao Centro Universitário Toledo, situado na cidade de Presidente Prudente – SP, identificado na imagem a seguir:



Figura 4: Ensaio de resistência mecânica sendo realizado

Passados os ensaios e verificando-se a resistência obtida com cada corpo de prova, obteve-se uma média de tensão de 4,45 MPa, inferior ao valor mínimo realização dos blocos de concreto com função estrutural. Esse resultado se deve as características dos polímeros, relativamente baixa quando comparada ao da brita, de 2,14 GPa (UL empresa) x 31 GPa (rocha basalto).

3 CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos nesta pesquisa, verificou-se que não se torna possível o uso desse tipo de artefato como alvenaria estrutural, devido a sua baixa resistência mecânica. De acordo com a norma NBR 6136, os blocos de concreto são definidos como “Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural” e divididos em classe A e B.

O bloco de classe A aplica-se a alvenarias externas sem revestimento devendo o bloco possuir resistência característica à compressão maior do que 6 MPa, além de sua capacidade de vedação.

O bloco de classe B aplica-se a alvenarias com revestimento, sujeita a ação de intempéries devendo possuir resistência característica à compressão de no mínimo 4,5 MPa.

Portanto, os blocos fabricados só podem ser utilizados para alvenaria de fechamento, sem função estrutural, já que apresentam uma resistência média de 4,45 Mpa, inferior ao especificado pela norma. Ainda de acordo com o estudo realizado, verificou uma inércia térmica, resultando em uma boa temperatura, podendo ser investigado em pesquisas futuras.

4 AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Centro Universitário Antônio Eufrásio de Toledo, ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) e a Faculdade de Ciências e Tecnologias Unesp pelo apoio acadêmico, financeiro e pela disposição dos laboratórios para realização das atividades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- SMAAL, Beatriz. “Lixo Eletrônico: O que fazer após o término da vida útil dos seus aparelhos?”, 2009. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/teclado/2570-lixo-eletronico-o-que-fazer-apos-o-termino-da-vida-util-dos-seus-aparelhos-.htm>>. Acesso em: 04 de jul. 2016.
- 2- RODRIGUES, A.C. Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos: Alternativas de Política e Gestão- Dissertação Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção- UNIMEP, Piracicaba, 2003.
- 3- MACIEL, Camila. “Brasil já tem 136 milhões de computadores em uso, aponta FGV”, 2014. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2014-04/brasil-ja-tem-136-milhoes-de-computadores-em-uso-aponta-fgv>>. Acesso em: 10 de jul. 2016.
- 4- Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA. Recycling – From EWaste to Resources, Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies. United Nations University, julho de 2009.
- 5- Editora Abril (2010). Revista Exame: “Brasil produz muito lixo eletrônico, diz ONU”. São Paulo, SP. Disponível em <http://exame.abril.com.br/mundo/noticias/brasil-emergente-mais-produz-lixo-eletronico-diz-onu-535153>. Acesso em 11 de jul. 2016.
- 6- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação. 2004.
- 7- HIRAYAMA, D. ; SARON, C. . Characterisation of recycled acrylonitrile-butadiene-styrene and high-impact polystyrene from waste computer equipment in Brazil. Waste Management and Research, v. 33, p. 543-549, 2015.
- 8- RODRIGUES, A.C. Fluxo domiciliar de geração e destinação de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de São Paulo/SP: caracterização e subsídios para políticas públicas, 2012.