

GERAÇÃO DE BRINQUEDOS PARA PORTADORES DE NECESSIDADES ESPECIAIS UTILIZANDO RESÍDUOS DE ROCHAS E PEAD EM SUA COMPOSIÇÃO

Nathalia Santos Eiriz

Aluna de Graduação de Engenharia Química, 4º período, UERJ
Período PIBIC/CETEM: agosto de 2015 a julho de 2016,

neiriz@cetem.gov.br

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Orientador, Engenheiro Químico, D.Sc.

rcarlos@cetem.gov.br

Resumo

No Brasil, segundo o IBGE, existem mais de 45 milhões de pessoas que declararam algum tipo de deficiência e dentre esse número há inúmeras crianças que sofrem com a inclusão social, principalmente em ambientes públicos dedicados a recreação. Na tentativa de garantir acessibilidade, é sugerido no trabalho a remodelagem de brinquedos públicos de forma a permitir o uso de cadeiras de rodas feitos de compósito de polietileno de alta densidade (PEAD) e resíduos gerados no beneficiamento de calcários como carga reforçante. O resíduo é oriundo do corte do calcário branco do Rio Grande do Norte e foi utilizado na granulometria inferior a 0,053 mm. O polímero utilizado foi o PEAD da Braskem, e os compatibilizantes utilizados foram o PE-MA com índice de fluidez 1,5g/10min, enxertado com 0,26% de anidrido maléico e ácido esteárico. A análise química do resíduo por meio da FRX apresentou teores de 18,8% de MgO, 32,7% de CaO, 1,1% de SiO₂, 0,16% de Fe₂O₃ e ainda 46,2% de perda por calcinação. Os baixos teores de óxidos de silício e ferro concluem menor abrasão e menos impurezas, facilitando o processamento dos compósitos. A análise mineralógica do resíduo por meio da DRX apresentou a predominância da dolomita. Após as análises químicas e mineralógicas do resíduo e o processamento por mistura e injeção dos compósitos com 10%, 30% e 50% e dois tipos de compatibilizantes testados, ácido esteárico e PE-MA, todos os corpos de prova foram submetidos a ensaios de flexão antes e após degradação nas câmaras de ultravioleta e SO₂. Os resultados apontam que os compósitos com 50% de resíduo e 5% de compatibilizante garantem maior rigidez do material e, portanto, não apresentam perdas de propriedades mecânicas após exposição ao ar livre, adequando-se à proposta de utilização no brinquedo acessível.

Palavras chave: resíduos de rochas, compósito, brinquedo público.

GENERATION OF PUBLIC TOYS FROM HDPE AND WASTE STONE FOR PEOPLE WITH SPECIAL NEEDS

Abstract

In Brazil, there are more than 45 million people who declared some kind of disability and among that number there are numerous children suffer with social inclusion, including public environments dedicated to recreation. In attempt to ensure accessibility, and suggested at work one reshaping public toys to allow the use of

wheelchairs made from composite of high-density polyethylene (HDPE) and wastes generated in the processing of limestone as reinforcing filler. The waste stone used was white limestone from Rio Grande do Norte and containing particle size less than 0.053 mm. Braskem supplied the polymer HDPE used and the compatibilizer used were PE-MA with melt index 1.5 g / 10 min, with 0.26% maleic anhydride grafted polyethylene and stearic acid. Chemical characterization by XRF showed levels of 18.8% de MgO, 32.7% de CaO, 1.1% de SiO₂, 0.16% de Fe₂O₃ and 46.2% calcining loss. Low contents of silicon and iron oxides conclude less abrasion and fewer impurities, facilitating the processing of the composite. The mineralogical analysis to waste by XRD showed a predominance of dolomite. After chemical and mineralogical characterization, the waste and polymer (composite) was processed mixing and injection molding of with 10%, 30% and 50% and two tested compatibilizers types, stearic acid and PE-MA All samples test the were subjected to the bending test and degradation in the UV chamber. The results show that the composites with 50% stone waste and 5% compatibilizer ensure stiffness of the material, therefore there is no mechanical properties loss after outdoor exposure, suiting to the proposal of the accessible toy's production.

Keywords: stone waste, wheelchairs, limestone.

1. INTRODUÇÃO

Mais de 45 milhões de brasileiros declararam ter algum tipo de deficiência de acordo com o Censo 2010 do IBGE. Dentro dessa estatística estão inúmeras crianças com deficiência física e motora que encaram dificuldades de circulação e uso do espaço público por falta de adaptação as suas limitações. Essa dificuldade é visível em praças públicas encontradas atualmente, onde crianças deficientes não conseguem utilizar os brinquedos e isso afeta sua interação com as demais crianças e consequentemente influenciam na sua inclusão social e desenvolvimento de seus potenciais.

Segundo Tong (2008), existe uma possibilidade de melhorar a acessibilidade dessas crianças redesenhando os brinquedos de playgrounds de forma a torná-los acessíveis.

Visto que a maioria desses brinquedos são feitos de material polimérico, geralmente polietileno ou polipropileno, é proposto no presente trabalho a utilização de compósitos de matriz polimérica e carga mineral de resíduo de rochas ornamentais, especificamente o calcário. Proporcionando a redução do custo da produção desses brinquedos, aumento da resistência mecânica (LIMA, 2007) e o reaproveitamento desse resíduo que é descartado de forma irregular e impacta o meio ambiente.

Tendo em vista o descarte irregular de resíduos de rochas ornamentais por parte de empresas e consequente acúmulo na natureza, torna-se muito importante o estudo de novas formas de reintegração desses resíduos na cadeia produtiva podendo gerar emprego, menores perdas e mitigar o impacto ambiental.

2. OBJETIVO

Verificar a viabilidade técnica da aplicação de resíduos gerados no beneficiamento de calcários como carga mineral em matriz polimérica de polietileno de alta densidade (PEAD) na confecção de brinquedos acessíveis a crianças usuárias de cadeira de rodas.

3. METODOLOGIA

3.1 Materiais Utilizados

O resíduo é oriundo do corte do calcário branco do Rio Grande do Norte e foi utilizado na granulometria inferior a 0,053 mm. O polímero utilizado foi o PEAD da BRASKEM HA7260 de índice de fluidez 20g/10min e densidade 0,955 g/cm³. Já os

compatibilizantes utilizados foram o PE-MA com índice de fluidez 1,5g/10min, enxertado com 0,26% de anidrido maleico e ácido esteárico fornecido pelo INT.

3.2 Análise Química e Mineralógica do Resíduo

A determinação da composição química e mineralógica do resíduo foi realizada pela Coordenação de Análises Mineraias (COAM) do CETEM por meio das técnicas de FRX e DRX.

3.3 Processamento dos compósitos

Foram processados compósitos de PEAD com 10, 30 e 50%, em massa, de resíduo e ainda com 5; 7,5 e 10% em massa de compatibilizante, alternando entre o PE-MA e o ácido esteárico. Na Tabela 1 estão descritas todas as composições processadas:

Tabela 1: Composição dos compósitos

Corpo de prova	% em massa de resíduo	% em massa de ácido esteárico	% em massa de PE-MA
C1	10	5,0	0
C2	10	10,0	0
C3	30	7,5	0
C4	50	5	0
C5	50	10	0
C6	10	0	5,0
C7	10	0	10,0
C8	30	0	7,5
C9	50	0	5,0
C10	50	0	10,0

O processamento de cada composição foi feito na misturadora *Haake Polylab OS Rheodrive* a temperatura de 170° e 60 r.p.m. durante 6 minutos. Posteriormente, os compósitos foram moídos e injetados em uma injetora modelo *Battenfeld Plus 35* a 190°C, produzindo corpos de prova para posteriores testes físicos.

3.4 Caracterização dos compósitos

3.4.1 Ensaio de flexão

No ensaio de flexão seguiu-se a norma ASTM D 790, utilizando a máquina universal de ensaios mecânicos *EMIC*, na velocidade de ensaio 1,3mm/min e distância entre os apoios de 54,54 mm. As dimensões dos corpos de provas foram: 63,5 x 12,7 x 3,2 mm.

3.4.2 Ensaio de corrosão por exposição ao SO₂

Ensaio realizado na câmara de SO₂ modelo *Bass UK* a temperatura de 40°C em ciclos de 24h, dos quais 8h expostos ao dióxido de enxofre e 16h a ventilação ambiente, durante 15 ciclos. Foi realizado segundo a norma NBR 8096 e com 5 corpos de prova de cada composição.

3.4.3 Ensaio de degradação por radiação UV

Ensaio de degradação por radiação ultravioleta realizado na câmara *QUV* da *QLab*, segundo a norma ASTM G154, com 5 corpos de prova de cada composição durante ciclos de umidade e radiação de 8 horas durante 7 dias. A câmara possui sistemas de umidade e luz UV que simulam orvalho e raios solares que provocam a degradação da superfície dos materiais expostos ao ar livre.

3.5 Geração do brinquedo

Segundo Tong (2008), a produção de brinquedos públicos adaptados a cadeirantes seria com material polimérico e moldagem por sopro ou rotomoldagem. A fim de baratear o custo de produção e ainda apresentar um produto com propriedades mecânicas superiores, apresenta-se o compósito como alternativa ao polímero puro na confecção do brinquedo. Dentre os brinquedos adaptados, foi escolhido o gira-gira, apresentado na Figura 1, para ser explorado neste trabalho e ainda ser reproduzido em escala menor pela Divisão de Desenho Industrial (DvDI) do INT.

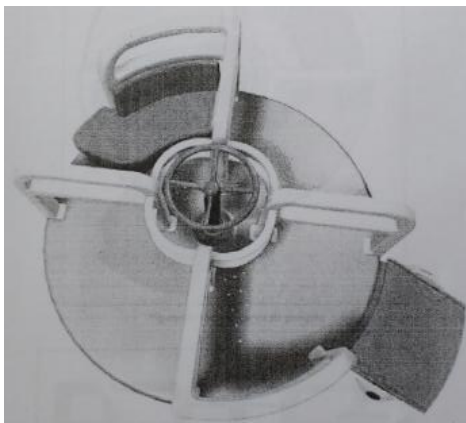


Figura 1: Gira-gira adaptado para crianças cadeirantes

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização Química e Mineralógica do Resíduo

A análise química do resíduo por meio da FRX apresentou teores de 18,8% de MgO, 32,7% de CaO, 1,1% de SiO₂, 0,16% de Fe₂O₃ e ainda 46,2% de perda por calcinação. Os baixos teores de óxidos de silício e ferro concluem menor abrasão e menos impurezas, facilitando o processamento dos compósitos. A análise mineralógica do resíduo por meio da difração de raios-X (DRX) apresentou a predominância da dolomita.

4.2 Caracterização Mecânica do Compósito por Flexão

As Figura 2 e 3 apresentam os módulos de elasticidade de todas as amostras após o ensaio de flexão em condições normais e após o envelhecimento. É notável a tendência de aumento do módulo elástico com o aumento do teor de resíduo em ambos os compatibilizantes. Esse aumento do módulo caracteriza aumento da rigidez do material. Observa-se também o aumento do módulo em todas as amostras após os ensaios na câmara de SO₂ e na câmara de UV. Esses resultados demonstram que o resíduo de calcário protege o polímero das intempéries mais expressivamente quando em maior quantidade, no teor de 50%, uma vez que é o polímero que sofre a degradação.

Cálculos prévios aos ensaios sobre o Gira-Gira mostraram que o módulo de elasticidade mínimo que os compósitos deveriam apresentar era de 400 MPa. Após os resultados, verifica-se que todas as amostras apresentaram módulo superior a 400 MPa, destacando-se as composições C4 e C9.

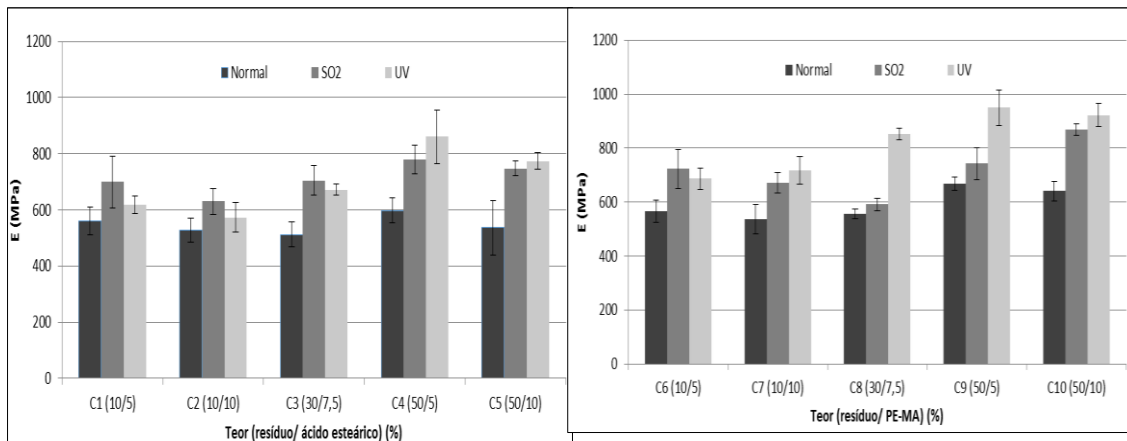


Figura 2: Módulo elástico das composições C1 ao C5 com ácido esteárico

Figura 3: Módulo elástico das composições C6 ao C10 PE-MA

5. CONCLUSÕES

A adição de resíduo de calcário aumenta a rigidez do compósito promovendo suporte de maior carga e menor deformação. Aplicado no brinquedo, o compósito teria bom desempenho suportando o peso das crianças e da cadeira de rodas.

Quanto ao tipo de compatibilizante, ambos apresentaram desempenho similar e podem ser escolhidos avaliando-se o custo.

Considerando que o brinquedo ficará exposto ao ar livre, é importante que o material não perca suas propriedades mecânicas quando exposto a intempéries. Deste modo, todas as composições atenderam essa condição apresentando até aumento da rigidez após a exposição. As composições que apresentaram melhor desempenho foram as de maior teor de resíduo de calcário, 50%, e 5% de compatibilizante e, portanto, são as mais indicadas para a fabricação de brinquedos públicos acessíveis.

6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro, ao CETEM e ao INT pela infraestrutura, à D. Sc. Márcia Gomes de Oliveira, ao Maicon Martins e Marcelo Ferreira do INT.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, C. M. R., Estudo da influência de resíduos de rochas carbonáticas ornamentais na geração de compósitos poliméricos. In: XXII JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO CETEM. Rio de Janeiro (Brasil), 2012.

ASTM, American Society for Testing and Materials, ASTM G 154, Operação de Equipamento de Luz Fluorescente para Exposição UV de Materiais não Metálicos. 2004.

LIMA, A. B. T., **Aplicações de Cargas Mineraias em polímeros**. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Universidade de São Paulo, São Paulo (Brasil), 2007.

TONG, C. S. Y., **Playground Universal: Brinquedos Acessíveis a Crianças Usuárias de Cadeiras de Rodas**. Relatório técnico – EBA, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (Brasil), 2008.