

# GERAÇÃO DE PAPEL BRAILLE UTILIZANDO RESÍDUO DA LAVRA DE PEGMATITOS E POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD)

**Natielly Andressa da Silva Souza**

Aluna de Graduação de Engenharia Química – UFRJ

Período PIBIC/CETEM : agosto de 2014 a julho de 2015,

[nasouza@cetem.gov.br](mailto:nasouza@cetem.gov.br)

**Roberto Carlos da Conceição Ribeiro**

Orientador, Eng. Químico, D.Sc.

[rcarlos@cetem.gov.br](mailto:rcarlos@cetem.gov.br)

## **Abstract**

The world has 34 million blind and the big challenge is to make the social inclusion of these people. The papers written in Braille need to have weights higher than those of traditional roles and need to be more resistant to the projections produced them not to wear with time. In this context, it will evaluate the technical feasibility of the production of papers in Braille using high polyethylene density (HPED) and wastes generated within pegmatite mining as reinforcing filler. The residue was characterized by DRX and FRX and composites with 10, 30 and 50% loading, were extruded, injected and subjected to an impact resistance test, tensile modulus and tensile strength. According to the results, the residues generated in the mining pegmatite can be used to generate Braille paper, in concentrations of 10 to 30% by weight of compatibilizer with the use of pegmatite, as have higher elastic deformation, the greater capacity shock absorption and similar moduli of elasticity.

**Keywords:** dimension Stone residues, polymeric composite, paper Braille.

## **Resumo**

Existem no mundo 34 milhões de cegos e o grande desafio é fazer a inclusão social dessas pessoas. Os papéis para escrita em Braille precisam ter gramaturas superiores às dos papéis tradicionais e precisam ser mais resistentes para que as saliências produzidas neles não se desgastem com o tempo. Nesse contexto, será avaliada a viabilidade técnica da produção de papéis em Braille utilizando polietileno de alta densidade (PEAD) e resíduos gerados na lavra de pegmatito como carga reforçante. O resíduo foi caracterizado por FRX e DRX e os compósitos, com 10, 30 e 50% de carga, foram extrusados, injetados e submetidos a ensaios de resistência ao impacto, módulo de elasticidade e resistência à tração. De acordo com os resultados obtidos, os resíduos gerados na lavra de pegmatitos podem ser utilizados para geração de papel Braille, nas concentrações de 10 e 30 %, em massa de pegmatito com uso de compatibilizante, visto que possuem maior deformação elástica, maior capacidade de absorção de choques e módulos de elasticidade semelhantes.

**Palavras-chave:** resíduos de rochas, compósitos poliméricos, papel Braille.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), existem no mundo 285 milhões de pessoas com baixa visão, e dentre elas, 34 milhões de cegos, sendo o grande desafio fazer a inclusão social dessas pessoas. A comunicação escrita para os deficientes visuais é feita através do sistema Braille e o papel para essa escrita deve possuir gramatura superior àquela normalmente usada para a escrita em tinta e deve ser em torno de 120 g/m<sup>2</sup>, para que o relevo do Braille não se apague facilmente. Atualmente, devido ao pouco investimento nesse setor, os deficientes visuais acabam por utilizar papéis já desgastados com o tempo, prejudicando o processo de leitura.

Uma alternativa é a criação de um papel mais resistente e apropriado para a escrita em Braille, para que os escritos sejam mais duráveis e assim haja uma disseminação da ciência através dos mesmos, gerando uma educação inclusiva.

Dessa forma, pretende-se verificar a viabilidade técnica da elaboração de papel polimérico em Braille utilizando cargas minerais reforçantes oriundas de resíduos de rochas pegmatíticas, uma vez que o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de rochas ornamentais, gerando toneladas de resíduos mensalmente no meio ambiente.

Estudos de Vieira *et al* (2013) já indicavam a possibilidade de aproveitamento dos resíduos da lavra de quartzitos da região do Seridó como carga no setor cerâmico; E Barboza e Correia (2104) já indicavam métodos de beneficiamento desse tipo de resíduo. Segundo Lima (2007) a aplicação de cargas minerais em matrizes poliméricas aumenta a resistência mecânica dos compósitos e reduzem os custos de produção.

## 2. OBJETIVOS

Geração de papel Braille utilizando resíduos gerados na lavra de pegmatitos como carga reforçante na matriz do Polietileno de Alta Densidade (PEAD).

## 3. METODOLOGIA

### 3.1 Características dos Materiais Utilizados

O resíduo de pegmatito utilizado é oriundo de Junco do Seridó - PB (< 0,037 mm). O PEAD utilizado foi o RIOPOL® EI-60070 com índice de fluidez de 7g/10min. O compatibilizante utilizado foi o PE- AM com índice de fluidez 1,5 g/10min, enxertado com 0,26% de Anidrido Maleico.

### 3.2 Análise Química e mineralógica do Resíduo

A caracterização química do resíduo foi realizada por meio da técnica de Fluorescência de Raios-X (FRX) e a caracterização mineralógica por meio da difratometria de raios-X (DRX), realizadas pela COAM do CETEM.

### 3.3 Composição das amostras

Na tabela 1 estão apresentadas as composições utilizadas para confecção dos corpos de prova de PEAD e resíduo.

**Tabela 1:** Composição dos compósitos

Compósito	Massa de PEAD[phr]	PE-AM[phr]	RP
10 SC	100	0	10
10 CC	100	10	10
30 CC	100	5	30
50 SC	100	0	50
50 CC	100	10	50

phr – partes por 100 partes de polímero; RP – Resíduo de Pegmatito  
SC – sem compatibilizante; CC – com compatibilizante

### 3.4 Extrusão e Injeção

A mistura composta por pellets de PEAD, PE-AM e resíduo de pegmatito foi vertida em um misturador em Y com rotação de 30 r.p.m. durante 30 minutos. Posteriormente, foi extrusada por meio da máquina extrusora dupla-rosca, marca Extrusão Brasil, com L/D=26 utilizando-se as seguintes condições: velocidade de rotação de 200 r.p.m., com zonas de temperaturas compreendidas entre 80°C e 200°C para a confecção do compósito.

Os compósitos preparados foram moldados por injeção em máquina *Battenfeld* modelo *Plus 35*, a 190°C, para a confecção de corpos de prova para avaliação das propriedades mecânicas.

### 3.5 Ensaio de Módulo de Elasticidade

Os ensaios do módulo elástico por aplicação de frequência de vibração longitudinal foram realizados nas amostras injetadas de dimensões 63,5 x 12,7 x 3,2 mm, empregando a técnica de excitação por impulso utilizando o aparelho *Sonelastic® Stand Alone* de acordo com a norma ASTM E1876-07.

### 3.6 Ensaio de Impacto Izod

Os ensaios de resistência ao impacto foram realizados em equipamento de impacto para plásticos, marca EMIC, no modo Izod com pêndulo de 2,7 J de energia nominal. Os corpos de prova foram entalhados a  $2,5 \pm 0,05$  mm de raio de curvatura e ângulo de 45°, em um entalhador acoplado com faca em “V” e analisados segundo a norma ASTM D256-10.

### 3.7 Ensaio de Tração

O ensaio de tração foi realizado utilizando-se máquina universal de ensaios mecânicos, marca EMIC modelo DL3000, com velocidade de separação de garras de 50 mm/min, de acordo com a norma ASTM D638-10.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise Química do Resíduo

A análise química do resíduo indicou teores em torno de 46% de SiO<sub>2</sub> e 40% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, além de baixos teores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, cerca de 0,4 %, além de uma perda por calcinação de 12%.

### 4.2 Análise Mineralógica do Resíduo

A análise mineralógica identificou proporções majoritárias dos minerais quartzo, caulinita, muscovita, albita e albita, minerais esses ricos em SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

### 4.3 Módulo de Elasticidade

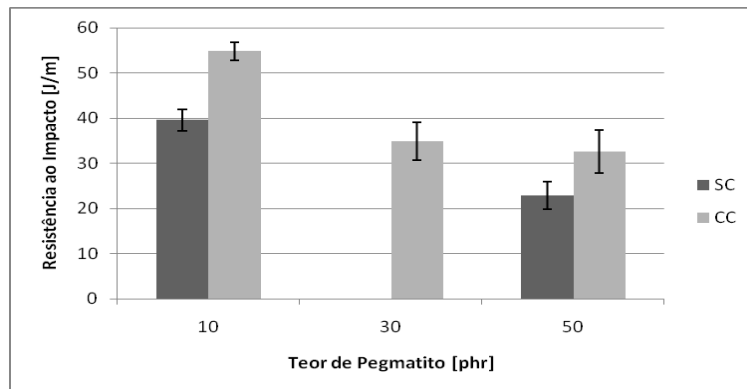
A tabela 2 apresenta os resultados de módulo de elasticidade dos compósitos e as frequências naturais de vibração em que foram determinados. Pode-se verificar que com o aumento do teor de carga mineral o módulo de elasticidade aumenta, indicando que a aplicação dessas cargas minerais aumenta a rigidez dos compósitos, tendo em vista a maior rigidez das partículas de pegmatito frente ao PEAD. Já a adição do compatibilizante reduz os valores de módulo, o que pode ser atribuído a uma melhor dispersão da carga, com a destruição de aglomerados, reduzindo a contribuição das partículas de pegmatito para a rigidez do compósito.

**Tabela 2:** Frequências e módulos de elasticidade de cada compósito.

Compósito	Frequência (KHz)	Módulo de Elasticidade (GPa) do E	Desvio Padrão
10 SC	1,237	1,86	0,04
10 CC	1,155	1,69	0,05
30 CC	1,279	2,33	0,07
50 SC	1,467	3,36	0,09
50 CC	1,340	2,61	0,05

#### 4.5 Resistência ao Impacto

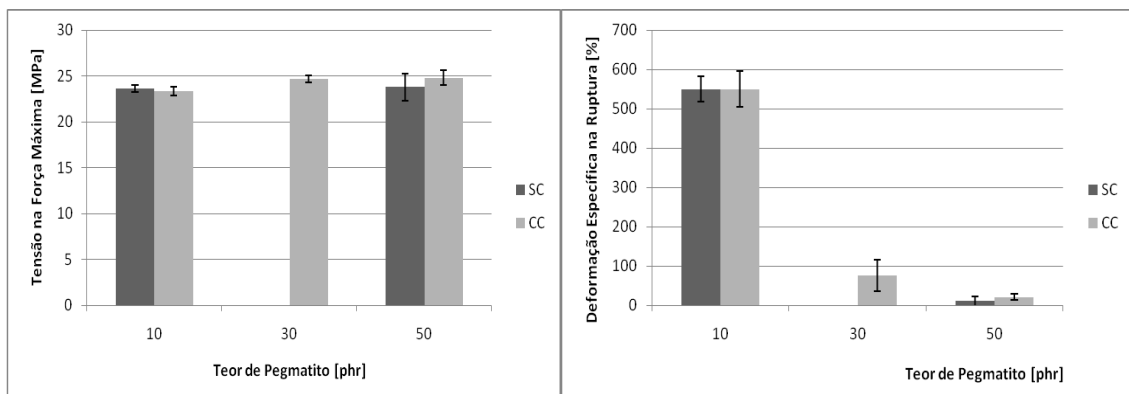
A Figura 1 ilustra o comportamento da resistência ao impacto dos compósitos de acordo com o teor de pegmatito e compatibilizante. Observa-se que o aumento da quantidade de carga diminui a capacidade do material de absorver o choque, de fato tais compósitos são mais rígidos conforme pode ser verificado nos valores de módulo elástico. A adição do compatibilizante contribui para melhoria da resistência ao impacto, sugerindo a sua atuação no sentido de favorecer a dispersão das partículas de pegmatito, reduzindo os pontos de concentração de tensão e aumentando a capacidade do compósito de absorver e dissipar a energia do carregamento instantâneo resultante do choque.



**Figura 1:** Resistência a Impacto [J/m] versus teor de Pegmatito [phr].

#### 4.6 Resistência a Tração

A Figura 2 ilustra a variação da tensão na força máxima com o teor de pegmatito, sendo possível observar que não houve variação significativa com o teor de pegmatito e com a adição de compatibilizante. Por outro lado, observa-se na Figura 3 uma grande redução da deformação na ruptura para o teor de 50 phr de pegmatito. De fato, em ensaios mecânicos com aplicação gradativa da força a deformação é ditada pela matriz termoplástica e teores crescentes de carga mineral (partículas rígidas) diminuem a quantidade de material deformável, assim há uma considerável redução da deformação. Embora, o compósito com o agente compatibilizante tenha reduzido a contribuição negativa da carga para a deformação, os valores obtidos ainda são bem mais baixos do que aqueles exibidos pelo PEAD.



**Figura 2:** Tensão na Força Máxima [MPa] versus teor de pegmatito [phr]. **Figura 3:** Deformação Específica na Ruptura [%] versus teor de pegmatito [phr].

## 5. CONCLUSÕES

A adição de teores crescentes de pegmatito ao PEAD contribui para o aumento da rigidez do compósito, levando a menor capacidade de deformação e resistência ao impacto do compósito.

A adição de compatibilizante em conjunto com o pegmatito favorece a interação carga-matriz em detrimento da interação carga-carga, suavizando a formação de aglomerados da carga, traduzida em menor rigidez, maior capacidade de deformação e resistência ao impacto.

O papel Braille gerado deve apresentar boa deformação elástica, não ser quebradiço e ter boa capacidade de absorção de choques. Portanto, os compósitos mais indicados para fabricação do papel Braille são os de 10 e 30 phr com compatibilizante.

## 6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro; à CATE, CETEM e INT pelas infraestruturas; à Michele Teixeira do CETEM; Maiccon Martins e Renato Oliveira do INT.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOZA, R.P.J.; CORREIA, J.C.G., Aproveitamento dos Resíduos da Lavra e do Beneficiamento de Pegmatitos da Serra de Borborema e do Seridó. In: **XXII Jornada de Iniciação Científica do CETEM**. Rio de Janeiro, 2014.

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.

VIEIRA, E.V., SOUZA, M. M. e GONZAGA, L.M., Caracterização dos resíduos da lavra de quartzitos da região do Seridó visando a produção de cerâmica para porcelanato, **Revista Brasileira de Mineração e Meio Ambiente**, v. 3, n. 1, 2013, ISSN 2179-6203.