

**Compósitos produzidos com resíduo de lama vermelha e fibras naturais: análise de flamabilidade****Composites produced with red mud waste and natural fibers: flamability analysis**

DOI:10.34117/bjdv6n7-047

Recebimento dos originais: 03/06/2020

Aceitação para publicação: 02/07/2020

**Leonardo Sobral de Oliveira**

Graduando pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Universidade Federal do Pará - Campus Belém

Endereço: Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá, CEP 66075-110, Belém - PA, Brasil

E-mail: leo.bral@hotmail.com

**Karla Suellen Lino Barbosa**

Mestranda em Engenharia Química, Bacharela Interd. em Ciência e Tecnologia com ênfase em Mecânica pela Universidade Federal do Pará.

Instituição: Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

Endereço: Universidade Federal do Pará, CEP: 66075-110, Belém, PA, Brasil.

E-mail: karllaslb@gmail.com

**Iara Ferreira Santos**

Doutoranda em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, Mestra em Engenharia Química pela Universidade Federal do Pará.

Instituição: Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia.

Endereço: Universidade Federal do Pará, CEP: 66075-110, Belém, PA, Brasil.

E-mail: iaraferreira.eq@gmail.com

**Wassim Raja El Banna**

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Universidade Federal do Pará - Campus Tucuruí

Endereço: Rodovia BR 422 km 13 - Canteiro de Obras UHE - Vila Permanente, CEP 68464-000, Tucuruí - PA, Brasil

E-mail: wassim@ufpa.br

**Denílson da Silva da Costa**

Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Minas pela Universidade Federal de Minas Gerais

Instituição: Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará - Campus Marabá

Endereço: Folha 31, Quadra 7, Lote Especial, s/n - Nova Marabá, CEP 68507-590, Marabá - PA, Brasil

E-mail: denilson@unifesspa.edu.br

**José Antônio da Silva Souza**

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia pela Universidade Federal do Pará  
Instituição: Universidade Federal do Pará - Campus Belém  
Endereço: Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá, CEP 66075-110, Belém - PA, Brasil  
E-mail: jass@ufpa.br

**Deibson Silva da Costa**

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia pela Universidade Federal do Pará  
Instituição: Universidade Federal do Pará - Campus Ananindeua - Faculdade de Engenharia de Materiais  
Endereço: Tv. We Vinte e Seis, 02 - Coqueiro, CEP 67130-660, Ananindeua - PA, Brasil  
E-mail: deibsonsc@yahoo.com.br

**RESUMO**

Neste trabalho, compósitos a base de matriz polimérica com lama vermelha e fibras de juta e sisal foram produzidos. Os compósitos foram confeccionados pelo método “hand lay up”, utilizando acelerador de cobalto a 1,5 %, iniciador a 1 %, fibras a 5 % e lama vermelha, variando-se sua proporção de 10 % a 50 % para compósitos sem fibras e de 10 % a 30 % para compósitos com fibras. Os compósitos foram analisados pelo ensaio de flamabilidade conforme a norma ASTM D 635. Realizou-se análise de difração de raios x (DRX) na lama vermelha. Como resultado tem-se que os componentes dos compósitos contribuíram na diminuição da velocidade de propagação das chamas obtendo classificação HB conforme a referida norma, apresentando características importantes como retardadores de chama. As composições que obtiveram os melhores resultados foram resina/40LV, que obteve uma redução de 53 % na velocidade de propagação, a composição de resina/juta/30LV, que obteve redução de 28 % e a composição de resina/sisal/30LV com uma redução de 34 %. Pela análise de DRX da lama vermelha percebeu-se a presença de minerais como hematita e sodalita de acordo com as suas fichas PDF's.

**Palavras-chave:** Resíduo, Poliéster, Fibras.

**ABSTRACT**

In this work, composites based on a polymer matrix with red mud and jute and sisal fibers were produced. The composites were made using the “hand lay up” method, using 1.5% cobalt accelerator, 1% initiator, 5% fibers and red mud, varying their proportion from 10% to 50% for composites without fibers and 10% to 30% for fiber composites. The composites were analyzed by the flammability test according to the ASTM D 635 standard. X-ray diffraction analysis (XRD) was carried out on the red mud. As a result, it has been found that the components of the composites contributed to the decrease in the speed of propagation of the flames, obtaining an HB classification according to that standard, presenting important characteristics as flame retardants. The compositions that obtained the best results were resin / 40LV, which obtained a reduction of 53% in the propagation speed, the composition of resin / jute / 30LV, which obtained a reduction of 28% and the composition of resin / sisal / 30LV with a 34% reduction. By the XRD analysis of the red mud, it was noticed the presence of minerals such as hematite and sodalite according to their PDF's files.

**Keywords:** Waste, Polyester, Fibers.

## 1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais, em nossa atual era tecnológica, é necessário buscar por novos materiais que sejam mais eficientes e que tenham características que as ligas metálicas não possuem. Para isso, se torna necessário o desenvolvimento de novos materiais que possam substituir, mesmo que parcialmente, as ligas metálicas e nesse quesito entra a utilização dos materiais compósitos (Callister JR, 2005).

Compósito é um material formado por dois ou mais componentes quimicamente diferentes os quais em escala macroscópica possui interface bem definida que os separa visualmente, deste modo, o material obtido quase sempre apresenta características melhores que seus componentes separadamente (Marinucci 2015). Há uma enorme variedade de tipos de compósitos, como os cerâmicos e os poliméricos (Callister JR, 2005).

Com o grande aumento da preocupação de reciclagem de materiais veio também o aumento da utilização de compósitos com fibras naturais, que, com cunho sustentável, vem tomando espaços no meio das indústrias. A vantagem de se utilizar a fibra natural é devido ao fato de ser uma matéria prima sustentável, possuir boas propriedades para utilização em diversas áreas além de ter um baixo custo, densidade menor do que as fibras de vidro e serem amplamente disponíveis em território nacional (Rodrigues, 2015).

O sisal é a principal fibra dura produzida no globo, correspondendo a cerca de 70 % da produção. No Brasil, a produção se concentra na região Nordeste. As principais aplicações da fibra de sisal atualmente são na indústria automobilista, na fabricação de cordas, tapetes, vassouras, artesanato, assim como na produção de papel Kraft (Martin, 2009). A juta, originária da Índia, é uma fibra vegetal da família das tiliáceas. Sendo uma das fibras naturais mais baratas no mercado, é bastante utilizada em compósitos como revestimentos e forrações de automóveis (Pires, 2009).

A utilização de resíduos industriais para a produção de materiais como telhas, refratários, cimento, entre outros, é uma opção que a cada dia se torna mais viável devido a grande vantagem ambiental que pode nos oferecer. Resíduos que ficam sem destino, que agredem violentamente o meio ambiente e ficam estocados em grandes lagoas artificiais podem ter um destino viável e assim ajudar a amenizar os impactos que os mesmos causam.

A lama vermelha, como é chamado o resíduo gerado em uma das etapas do processo Bayer, é normalmente disposta em grandes lagoas de sedimentação, as quais geram enormes impactos ambientais. A composição da lama vermelha pode variar como forme a origem da bauxita e do método de beneficiamento utilizado no processo Bayer. Este material particulado é constituído por partículas muito finas, chegando a granulometrias de 325 mesh (Silva Filho, 2007).

Trabalhos utilizando resíduos industriais e fibras naturais estão em alta atualmente, o que

comprova a preocupação em buscar novas alternativas de materiais que sejam sustentáveis, provenientes de fontes renováveis ou de rejeitos reutilizados, assim como vistos nos trabalhos de (Costa, 2016), (Cunha,2015) e (Silva,2010).

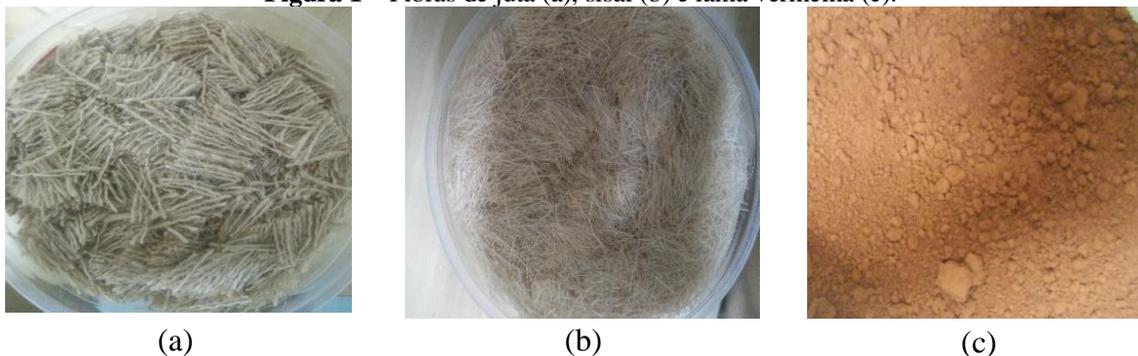
Desta forma, neste trabalho foram produzidos compósitos poliméricos preenchidos com lama vermelha e fibras de Juta e sisal para serem ensaiados conforme a norma ASTM D635 para ensaios de flamabilidade. Fez-se também análise de Difração de raios-x no material particulado.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 MATERIAIS

Os principais materiais utilizados neste trabalho foram resina poliéster insaturada isoftálica, catalisador metílico, butanox, desmoljet líquido, fibras de sisal, fibras de juta e lama vermelha. As fibras naturais utilizadas e a lama vermelha estão mostradas na Figura 1.

**Figura 1** – Fibras de juta (a), sisal (b) e lama vermelha (c).

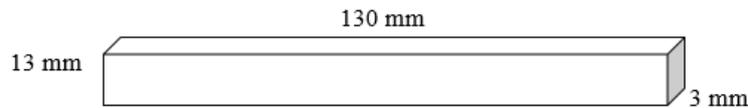


### 2.2 MÉTODOS

A fabricação dos compósitos foi realizada na Usina de Materiais do Laboratório de Engenharia Química (LEQ). A lama vermelha utilizada é proveniente da empresa Hydro Alunorte que passou por um processo de cominuição em peneiras de 100 mesh e por uma estufa com recirculação de ar a 100° C, durante 24h. As fibras de juta e sisal foram obtidas no mercado do Ver-o-Peso (Belém – PA) e padronizadas com comprimento médio de 15 mm.

Os compósitos foram fabricados pelo método *Hand Lay Up*, usando-se como molde uma forma de aço maciço medindo 32 cm por 17 cm. A proporção utilizada foi de 10 % a 50 % para compósitos sem fibras e de 10 % a 30 % para compósitos com fibras. Os corpos de prova para ensaio de flamabilidade seguiram a norma ASTM D 635. Para o corte do material foi utilizado um cortador serra mármore e para o acabamento foi utilizada uma mini retífica de marca dremell presente na Usina de materiais do Laboratório de Engenharia Química. Os corpos de prova foram tirados a partir dos compósitos e possuem medidas conforme a Figura 2.

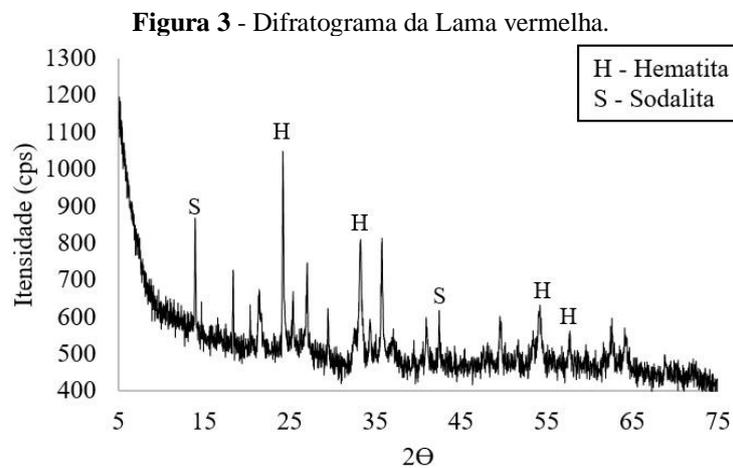
**Figura 2** - Exemplificação 3D do corpo de prova de flamabilidade.



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 DIFRAÇÃO DE RAIOS-X (DRX)

Para analisar a mineralogia do material particulado realizou-se a análise de difração de raio X, o que permite identificar os minerais a partir dos picos apresentados no difratograma presente na Figura 3.

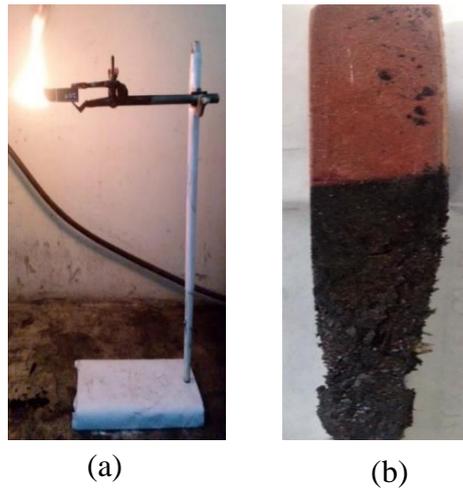


No difratograma da Figura 3 encontra-se os picos representantes da hematita (H) conforme a ficha PDF 01-073-2234 e sodalita (S) conforme ficha PDF 01-089-8955. Os picos encontrados estão de acordo com referências pesquisadas, como (Costa,2016).

#### 3.2 ENSAIO DE FLAMABILIDADE

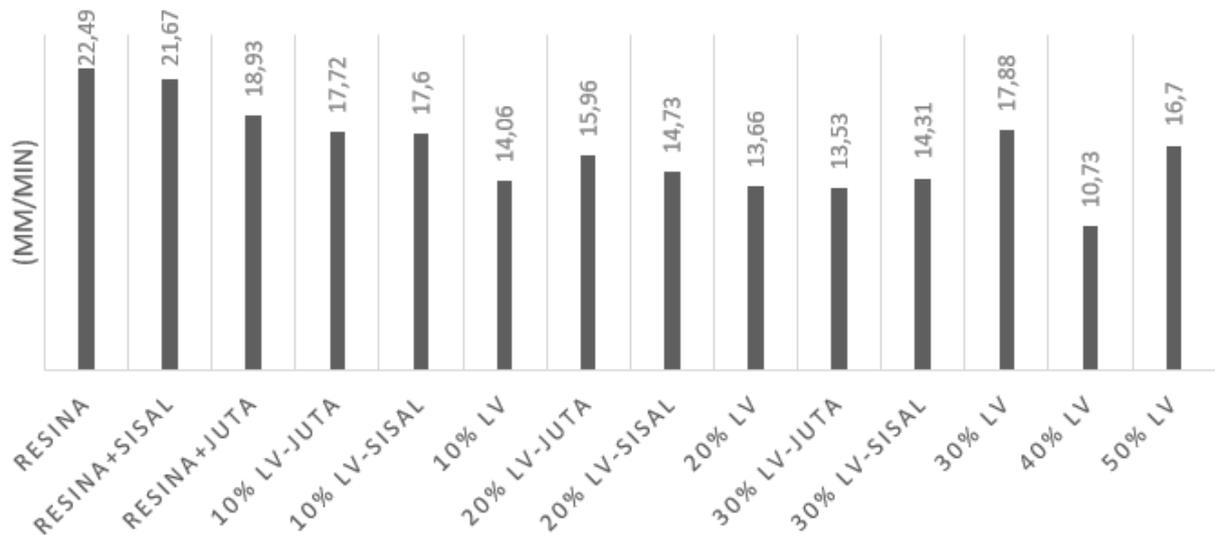
Os corpos de prova foram ensaiados na Usina de Materiais do Laboratório de Engenharia Química conforme a Figura 4a. Após a finalização de cada ensaio pode-se ver o aspecto final do corpo de prova (Figura 4b).

Figura 4 - Corpo de prova na horizontal em queima (a) e no pós-queima (b).



A seguir tem-se os resultados de ensaio de flamabilidade na horizontal baseados na norma ASTM D 365, em que pode-se ver na Figura 5 o gráfico com os valores da velocidade de propagação do material de matriz pura, resina com juta, resina com sisal e dos compósitos contendo lama vermelha.

Figura 5 - Velocidade de propagação do material de resina, resina-sisal, resina-juta e dos compósitos fabricados com lama vermelha.



Na Figura 5 encontra-se os valores de velocidade de propagação dos corpos de prova de resina e dos materiais constituídos por resina/lama vermelha em que é possível notar uma redução nos valores de velocidade da chama, tendo como destaque a composição de resina/lama vermelha 40 % na qual alcançou valores de 10,73 mm/mim e desvio padrão de  $\pm 1,07$ .

Segundo Cunha (2015), alguns motivos que podem explicar a capacidade da LV retardar a chama é o fato de que este resíduo possui como um de seus constituintes alumina “tri-hidratada” na

qual é liberada no processo de queima do material e auxilia a desacelerar a propagação da chama ao longo do corpo de prova. Outro fator que contribui para a característica de retardante a chama é em relação a mudança de fase de minerais hidróxidos na superfície do compósito que ao ser queimado, forma uma cama protetora dificultando a chama de percorrer pelo material.

Os compósitos híbridos seguem o que afirma a regra da mistura, em que ao combinar em matriz polimérica, LV e fibras o resultado é a melhora das propriedades do material, no qual neste caso em específico é melhorar a capacidade retardante dos compósitos em estudo.

Analisando-se os resultados obtidos nota-se que ao aumentar a quantidade de resíduo a velocidade da chama diminui chegando a valores de 13,53 mm/mim (desvio padrão  $\pm 1,44$ ), isto representa um decréscimo de aproximadamente 29 % em relação ao compósito de resina juta.

Deste modo todos os compósitos presentes no gráfico se enquadram perfeitamente a norma de flamabilidade, atingindo valores satisfatórios.

#### **4 CONCLUSÃO**

Foi possível confeccionar os compósitos utilizando-se as variações de fração mássica de 0 a 50 % de material particulado e para os compósitos híbridos contendo 5 % de fibras foi possível confeccionar com até 30 % de material particulado. Em proporções maiores que as citadas, o material resultante da mistura não era propício para fabricação do compósito.

Por meio da análise de DRX conclui-se que a lama vermelha utilizada neste trabalho contém constituintes como o Hematita e Sodalita.

De acordo com os resultados obtidos nos experimentos de retardo a chama pode-se concluir que todas as composições ensaiadas obtiveram grande tempo de queima e conseqüentemente baixas velocidade de propagação de chama, sendo classificados como HB. Dentre as amostras ensaiadas, as que obtiveram melhores desempenhos foram as de resina/40LV na qual obteve um valor 53 % melhor ao de matriz pura e também a composição de resina/sisal/30LV com uma redução de 34 % na velocidade de propagação da chama.

#### **REFERÊNCIAS**

CALLISTER JR., WILLIAND D., *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*, 5 ed, pp. 591, 2005

COSTA, D. S., *Estudo da influência de resíduos gerados pela indústria de mineração nas propriedades de compósitos de matriz poliéster reforçados com fibras naturais*. Tese de doutorado, 2016.

CUNHA, E. J. S., *Influência do uso de resíduo do processo bayer nas propriedades térmicas e*

mecânicas de compósitos de base polimérica reforçados com fibra de curauá (*ananas lucidus*. Mill), Tese de doutorado, 2015.

MARINUCCI, G., *Materiais Compósitos Poliméricos*: Editora Artliber, 2011.

MARTIN, A. R., MARTINS, M. A., MATTOSO, L. H. C., SILVA, O. R. R. F., *Caracterização Química e Estrutural de Fibra de Sisal da Variedade Agave Sisalana*, *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, Vol. 19, N. 1, p.40-46, 2009.

PIRES, E. N., *Efeito do Tratamento de Superfície em Fibras de Juta no Comportamento Mecânico de Compósitos de Matriz Epóxi*, Tese de doutorado, 2009.

RODRIGUES, J., SOUZA, J. A., FUJIYAMA, R. *Compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais da Amazônia fabricados por infusão*, *Revista Matéria*, Vol.20, N.04, pp946-960,2015.

SILVA, H. S. P., *Desenvolvimento de compósitos poliméricos com fibras de curauá e híbridos com fibras de vidro*, Dissertação de mestrado, 2010.

SILVA FILHO, E. B.; ALVES, M. C. M. ; MOTTA, M. *Lama vermelha da indústria de beneficiamento de alumina: produção, características, disposição e aplicações alternativas*. *Revista Matéria*, V12, n. 2, pp. 322 – 338, 2007.