



Estrutura Polimérica para Ciclekart

Jairo de Oliveira Silva¹; 0009-0005-4539-9259
Onofre Rodrigues de Lima Júnior¹; 0009-0000-6903-8160
Clemilton Gomes dos Santos Filho¹; 0009-0008-4949-6672
Ana Carolina Callegario Perira¹; 0000-0002-9140-8225
Izabel de Oliveira da Mota¹; 0000-0001-6276-5381
Sérgio Roberto Montoro¹; 0000-0002-9272-3278
Cirlene Fourquet Bandeira¹; 0000-0001-7034-2477

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.
cirlene.bandeira@foa.org.br

Resumo: A indústria automobilística impulsiona a pesquisa em vários seguimentos, entre eles, eventos de desenvolvimento de novos veículos para competições. Dentro desta modalidade, as corridas conhecidas como CicleKart vem se destacando. Nelas são usados pequenos carros de corrida denominados de kart que se caracterizam por possuir assento único, estrutura semelhante aos automóveis do início do século passado (1920/1930) e serem construídos à mão. Sendo assim, a escolha dos materiais vai afetar diretamente o desempenho do mesmo. Neste contexto, o uso de materiais compósitos poliméricos, como substituinte de componentes metálicos, principalmente no que se refere à carcaça de automóveis, tem se apresentado de forma muito atraente devido a sua baixa densidade que leva a diminuição de peso e economia de combustíveis, resistência química e mecânica. Desta forma, este trabalho visou desenvolver um compósito a base de resina termorrígida epóxi e fibras recicladas de castanha do Pará (20% v/v) que serviram como estrutura externa de um Ciclekart. O processo, via Hand Lay-up, teve um ciclo de cura de 48h à temperatura ambiente. Posteriormente foram analisados a temperatura inicial de degradação, via TGA (thermogravimetric analysis), que apresentou T_i de 162°C, 358°C e 310,5°C (Biomassa, resina e compósito respectivamente) e DSC (differential scanning calorimetry) que resultou em um composto com características térmicas próximas ao da resina pura e com grau de cura que se mostrou completo (100%). Além disso, foi possível a diminuição do uso de polímeros, que contribui com o meio ambiente pela redução do descarte. Sendo assim, é possível, em termos de propriedades térmicas, o uso deste composto para fabricação deste kart.

Palavras-chave: Compósito verde. TGA e DSC. Reciclagem. Castanha do Pará. Resina Epóxi.

INTRODUÇÃO

O setor automobilístico representa uma grande parte na estrutura industrial nacional e mundial, sendo responsável por aproximadamente 22% do PIB industrial no Brasil e afeta significativamente outros setores (MEDIC, 2023).



Com uma estrutura descentralizada, esse seguimento produz suas peças em diferentes locais e estão abertos a novos desenvolvimentos e materiais. Sob essa lógica, várias IES e centros de pesquisas vêm tentando criar e testar materiais que se adequem às necessidades desta realidade. Dentre estes processos, para incentivar alunos, estão as competições de Ciclokart (MEDIC, 2023).

Ciclokarts são competições onde se utilizam pequenos carros de corrida (kart), construídos a mão, que possuem um único assento e uma estrutura semelhante aos automóveis das décadas de 1920 a 1930 (FLATOUT, 2023).

Como são veículos pequenos e com velocidade relativamente baixa, a escolha dos materiais afeta diretamente o seu desempenho. Sendo assim, faz-se necessário o desenvolvimento de novos materiais que atendam a esta demanda (FLATOUT, 2023).

Dentro deste contexto, os compósitos vêm se mostrando como uma alternativa duplamente viável, visto que além de atenderem a demanda de menor densidade, melhor resistência mecânica e química, permitem a reutilização de biomassa oriunda da agroindústria, formando os compósitos verdes (BANDEIRA, 2015; BRANDÃO, 2015; CARVALHO, 2015; CARVALHO, 2019; COSTA, 2018; LEÃO, 2008).

A agroindústria, incentivada por políticas públicas, a produção e a exportação de insumos com valor agregado maior, tem crescido no país nos últimos anos. Entretanto, esta prática vem causando inúmeros impactos ambientais devido ao seu processo de decomposição, com eliminação de gases e chorume ou até auxiliando na proliferação de vetores que causam doenças na população. Por isso, várias leis ambientais vêm sendo implementadas, no sentido de mitigar esse problema (CARVALHO, 2015; CARVALHO, 2019; COSTA, 2018; MILANESSE, 2012).

Os resíduos de casca da castanha do Pará são provenientes da retirada da semente da castanheira do Pará (*Bertholletia excelsa*), originária do Brasil e região do entorno e que representa uma fonte de renda alternativa para as comunidades mais pobres do norte do país. No entanto, seus resíduos são descartados de forma incorreta. Entretanto, este material pode vir a ser utilizado, como reforço em compósitos poliméricos com alto valor agregado (BENINI, 2011; CARVALHO, 2019; COSTA, 2018; DONG; DAVIES, 2012; LEÃO, 2008; SANJAY, 2016).



Podem ser utilizadas várias resinas como matriz para esse compósito, mas, a resina epóxi se apresenta como destaque devido as suas boas propriedades térmicas, a sua alta resistência e sua facilidade de obtenção (BANDEIRA, 2011; CARVALHO, 2015; COSTA, 2018).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho, que se justifica econômica, social e ambientalmente pelo desenvolvimento de compósitos verdes, é o de criar um compósito à base de resina termorrígida epóxi e fibras recicladas de castanha do Pará (20% v/v) que servirão como estrutura externa de um Ciclekart.

MÉTODOS

A obtenção do compósito se deu pela mistura manual da resina epóxi 2004 BB com endurecedor SQ-3140 (2:1) com a biomassa de castanha do Pará passante em peneira de 50 Mesh após a mesma ser triturada e seca em estufa a 100°C por 24 h e resfriada em dessecador na proporção de 20% v/v. Esta mistura foi despejada em moldes de silicone e curada, por 48 h a temperatura ambiente (~25°C).

Inicialmente as amostras foram analisadas, via TGA para medir a variação de massa com o aumento da temperatura em um programa controlado. Para tanto, foi utilizado um equipamento TGA 7 da *PerkinElmer* Ltda com massa de aproximadamente 10 mg disposta em panelinhas de platina que foram aquecidas a 10°C.min⁻¹ de 25°C até 950°C em nitrogênio (fluxo 20 mL. min⁻¹) (COSTA, 2018; CARVALHO, 2019).

Os ensaios de DSC, que medem as diferenças no fluxo de calor entre a amostra e a referência em um programa controlado de temperatura, foi realizado em um equipamento modelo DSC 7, da marca *PerkinElmer* Ltda em panelinhas de alumínio para voláteis com massa de aproximadamente 6,0 mg, a 20°C.min⁻¹ para o aquecimento de -10°C até 160°C em atmosfera de nitrogênio (BANDEIRA, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os corpos de prova, após desenformados, não apresentaram, visualmente, defeitos tais como poros ou bolhas. Além disto, a resina pura, com a inserção da castanha do Pará passou de incolor amarelada para uma cor castanho escuro (Figura 1).



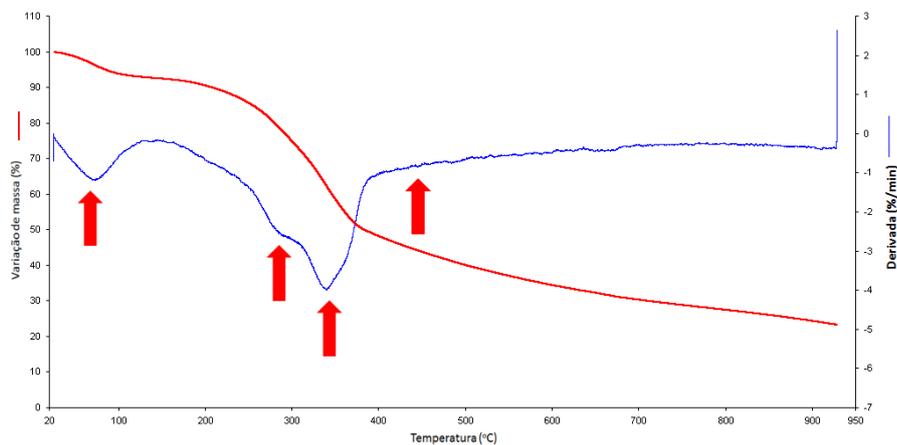
Figura 1 - Corpos de provas de resina pura e 20% de biomassa.



Fonte: (AUTORES, 2023)

Em análise feita em TGA, a biomassa de castanha apresentou uma perda inicial (7,4%) na faixa de temperatura ambiente até 100 °C, que corresponde a umidade do material. A perda de massa subsequente, de 52,5%, com T_i (temperaturas iniciais de degradação) de 162°C, engloba a queima da hemicelulose e da β -celulose e a degradação da celulose (ombro) que apresenta pico a ~340°C. Finalmente, a última perda, que corresponde a lignina, se apresenta como uma variação da linha de base. Além disso, a biomassa apresentou um resíduo de 23,2 % a 950°C (Figura 2) (COSTA, 2018).

Figura 2 - Curva de TGA da biomassa de castanha do Pará.



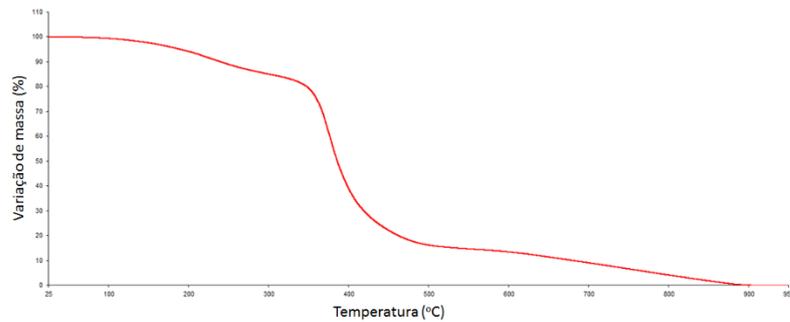
Fonte: (AUTORES, 2023)

No caso da resina pura (Figura 3) e do compósito com 20% de biomassa, as temperaturas iniciais de degradação são, respectivamente, 358,1°C e 310,5°C



indicando que com o acréscimo de biomassa, a T_i diminui (CARVALHO, 2019; COSTA, 2018).

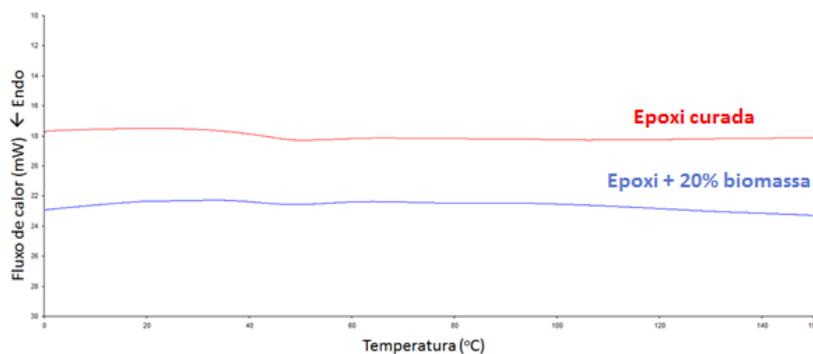
Figura 3 - Curva de TGA da resina epóxi pura curada.



Fonte: (AUTORES, 2023)

A resina pura curada e o compósito com 20% de castanha (Figura 4), não apresentaram picos de cura durante o aquecimento em DSC, indicando que a cura foi completa após 48h a temperatura ambiente.

Figura 4 - Aquecimento das curvas de DSC da resina pura e acrescida de 20% de biomassa de castanha do Pará.



Fonte: (AUTORES, 2023)

CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que, a resina é de fácil manuseio, sem formação de bolhas. Em termos de propriedades térmicas, a utilização deste composto para fabricação deste kart é viável até a temperatura máxima de



utilização de 162°C. O processo de queima é complexo, com eventos concomitantes ocorrendo. O resíduo de 23,2% indica elevado teor de carbono fixo na biomassa de castanha do Pará. Com o acréscimo de fibra houve uma diminuição da Ti do compósito. Este acréscimo de biomassa permite a diminuição do uso de polímero no compósito e o uso de material reaproveitado, diminuindo seu descarte.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a FOA e ao UniFOA por sua inestimável ajuda material e financeira que nos possibilitou o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BANDEIRA, C. F. **Aplicação de frequências não convencionais na obtenção de curvas de DMA de compósitos poliméricos**. 2011. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica na área de Materiais) - Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

BANDEIRA, C. F. **Obtenção e caracterização de compósitos de benzoxazina/fibra de carbono**. 2015. 201 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

BENINI, K. C. C. C. **Desenvolvimento e caracterização de compósitos poliméricos reforçados com fibras lignocelulósicas:HIPS/fibra da casca do coco verde e bagaço de cana de açúcar**. 2011. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista, 2011.

BRANDÃO, A. T. **Desenvolvimento e caracterização de compósitos de polipropileno reforçados com fibras do bagaço de cana-de-açúcar**. 2015. 55f. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) – Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA, Volta Redonda, 2015.

CARVALHO, A. C. **Fabricação e caracterização de compósitos à base de resina epóxi e fibras de bananeira**. 2015. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, 2015.





CARVALHO, J. A. L. **Compósitos de resina benzoxazina / biomassa extraída do resíduo da lavagem do açaí**: Obtenção e caracterização 2019. 103f. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA, Volta Redonda, 2019.

COSTA, A. C. A. **Obtenção e caracterização de compósitos de benzoxazina reforçados com fibra da casca de noz-macadâmia**. 2018. 81 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) – Universidade de Volta Redonda -UniFOA, Volta Redonda, 2018.

DONG, C.; DAVIES I. J. Optimal design for the flexural behaviour of glass and carbon fibre reinforced polymer hybrid composites. 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306912000301>> Acesso em: 11 ago. 2023.

FLATOUT Site. Disponível em: <https://flatout.com.br/cyclekarts-como-se-divertir-acelerando-miniaturas-de-classicos-com-rodas-de-moto/>. Acesso em: 6 set. 2023.

LEÃO, M. A. **Fibras de licuri: Um reforço alternativo de compósitos poliméricos**. 2008. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

MEDIC: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Ambiente em Migração. Ministério da Economia. Setor Automotivo. Disponível em: <http://mdic.gov.br/index.php/comercio-externo/exportacao/cotas-de-exportacao/105-assuntos/competitividade-industrial/2972-setor-automotivo#:~:text=O%20setor%20automotivo%20tem%20importante,de%20v%C3%A1rios%20outros%20setores%20industriais>. Acesso em: 6 set. 2023.

MILANESE, A. C. **Processamento e caracterização de compósito fibra de sisal/resina epóxi via RTM**. 2012. 123 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica na área de Materiais) - Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

SANJAY, M.R., Arpitha, G.R., Naik, L.L., Gopalakrishna, K. and Yogesha, B. Applications of Natural Fibers and Its Composites: An Overview. **Natural Resources**, 7, p-108-114. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4236/nr.2016.73011>. Acesso em: 8 set. 2023.

