

Produção de placas e de corpos de prova de compósitos polimérico reforçado com fibras de vidro e a realização de ensaios de flexão

Production of plates and samples using Glass fiber-reinforced polymeric composite and flexural testing

Flaminio Cesar Pereira Sales

fcflaminio@gmail.com

Graduando em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil

Romeu Rony Cavalcante da Costa

romeu@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, Paraná, Brasil

Resumo

O objetivo deste trabalho é descrever o processo de produção de placas e corpos de prova com matriz poliuretana e reforços em fibra de vidro, caracterizando mecanicamente tal material por meio de ensaios de flexão. Os materiais utilizados foram a resina poliuretana derivada de uma blenda de óleos vegetais e fibra de vidro do tipo "E" e produziu-se placas por meio de moldagem por membrana a vácuo, que foram cortadas e ensaiadas seguindo parâmetros normalizados e gerando dados comparáveis aos obtidos em literatura. Os resultados demonstraram a diferença de características entre biopolímeros e polímeros obtidos de fontes petroquímicas. Entretanto, problemas no processo de fabricação ainda comprometeram a aderência e, conseqüentemente, as características mecânicas do material.

PALAVRAS-CHAVE: Compósito reforçado com fibra de vidro. Biocompósito. Poliuretano.

Abstract

The purpose of this work is to describe the process of production of plates and specimen using a glass fiber reinforced polyurethane matrix, mechanically characterizing such material by means of flexural test. The utilized materials were the polyurethane resins derived from castor oil and E-glass fiber. Plates were produced vacuum molding, cut and tested following standard parameters and resulting in data compatible with the one attained from the literature. The results showed the differences between the features of biopolymers and petrochemical based polymers. However, problems in the process of manufacturing still compromise the adhesion and, consequently, the mechanical features of the material.

KEYWORDS: E-glass reinforced composites. Biocomposites Polyurethane.

Recebido: 31 ago. 2018.

Aprovado: 04 out. 2018.

Direito autoral:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

Muitas aplicações exigem materiais que proporcionem uma combinação de propriedades incomuns, que não podem ser atendidas com o uso de ligas metálicas, cerâmicas ou polímeros tradicionais. Devido à ação combinada de suas várias fases, os materiais compósitos são capazes de atender tais requisitos ao serem moldados com a combinação criteriosa entre materiais distintos. (Callister, 1987).

As resinas poliuretanas (PU) possuem grande versatilidade de aplicação e podem ser obtidas com densidades entre 6 e 1220 kg/m³, atendendo requisitos como alta flexibilidade, dureza, alta porosidade e leveza. Também podem ser derivadas do petróleo ou de óleos vegetais (biomonômeros). Dentre as diversas plantas oleaginosas utilizadas, a mamona é amplamente empregada devido à sua abundância no Brasil, colaborando para a redução da dependência do petróleo e para a criação de uma sociedade mais sustentável (Silva, Rosana Vilarim da, 2003).

Juntamente com a resina (matriz do compósito) costumam ser utilizados reforços, dentre os quais, a fibra de vidro, que possui aplicações em aviação, automobilismo e eletrônica, demonstrando excelentes propriedades como alta resistência a esforços mecânicos e ataques químicos, flexibilidade e rigidez. Mackmillan et al (2013, p. 2) cita o aumento no uso de compósitos nos quais um tecido ou fibra é impregnado com uma resina, elencando a fibra de vidro com poliuretano como o mais comum dos materiais deste tipo.

Húsic et al (2005, p.7) estudou as propriedades de compósitos de poliuretano reforçados com fibras utilizando resinas obtidas a partir de soja e de fontes petroquímicas, demonstrando que as propriedades mecânicas do biomonômero são comparáveis ao monômero derivado do petróleo, sendo esse uma alternativa viável.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo estudar o comportamento mecânico em ensaios de flexão de um material biocompósito com matriz polimérica de poliuretano derivado de uma blenda de óleos vegetais e reforçado com fibra de vidro e comparar o comportamento de tal resina com resinas produzidas a partir de outras fontes.

2 METODOLOGIA

2.1 MOLDAGEM POR MEMBRANA A VÁCUO

O processo manual a vácuo adotado foi realizado à temperatura de aproximadamente 20°C e com umidade de 45% com um tempo de cura de 24 horas. Foram utilizadas 7 camadas de fibra de vidro do tipo E, agrupadas de maneira a manter seu alinhamento e permitir a deposição de 280 gramas de resina, suficiente para impregna-las.

A bolsa de vácuo foi montada sobre uma mesa de vidro untada com cera, seguindo a seguinte ordem: foi colocada uma lâmina de *peel ply*, seguido de um terço da resina, 4 camadas de fibras, mais um terço de resina, as últimas 3 camadas de fibras, o restante da resina, outro *peel ply* e uma tela distribuidora.

Após o fechamento da bolsa, ainda foi utilizado um rolo distribuidor, para retirar bolhas existentes.

2.2 CORTE

A placa de material compósito, originalmente com as dimensões de 425x250mm foi cortada em uma bancada multifuncional destacando cinco corpos de prova com as dimensões de 12,7x80 mm destinados aos ensaios de flexão. Seguindo-se a norma ASTM D790-17, realizou-se uma série de medidas no material, obtendo-se uma média de espessura (d) de 2,7 mm e qual a distância entre os pontos de apoio inferiores, *span* (L), foi calculado como 16 vezes tal valor (43,2mm). A largura (b) foi de 12,7 mm e o comprimento total de 80 mm, permitindo que o tamanho do material após o apoio, em cada um dos lados, fosse maior que 10 % do valor do *span*.

2.3 ENSAIOS

O ensaio de flexão foi realizado conforme a norma ASTM D790 em uma máquina de ensaios universal. Para tal, foi necessária a utilização de suportes especiais que permitiram o cumprimento da razão entre o *span* e a espessura do corpo de prova. Tal procedimento ocorreu na velocidade de 1 mm/min, velocidade calculada pela Eq. (1), sendo Z uma taxa relacionada com o estiramento das fibras externas, considerado igual a 0,01.

$$R = \frac{ZL^2}{6D} \quad (1)$$

O teste foi finalizado após o deslocamento do travessão provocar uma deformação na superfície externa maior que 0,05mm/mm (r). Para calcular-se tal deslocamento, foi utilizada a Eq. (2).

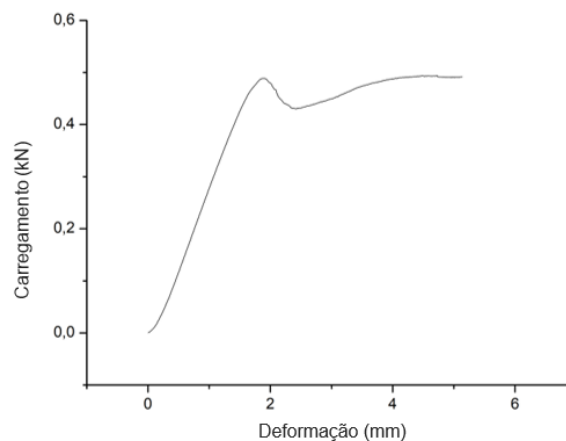
$$D = \frac{rL^2}{6D} \quad (2)$$

Assim, obteve-se 5,76mm como valor final do deslocamento do travessão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os dados da máquina foi possível gerar a curva de carregamento por deformação, demonstrada na Figura 1.

Figura 1 – Curva carregamento-deformação



Fonte: Autoria própria (2018)

Para o cálculo da tensão máxima em qualquer ponto desta, foi utilizada a Eq. (3).

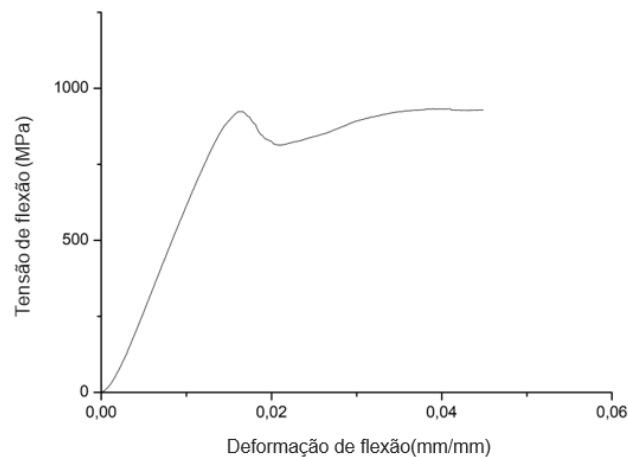
$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (3)$$

Também foi calculada deformação devido à flexão, utilizando-se a Eq. (4).

$$\epsilon_f = \frac{6Dd}{L^2} \quad (4)$$

Com estes dados foi possível plotar uma curva de tensão-deformação mostrada na Figura 2. Vale ressaltar que o comportamento desta curva demonstra as etapas nas quais o carregamento agiu: inicialmente a matriz distribuiu os esforços e estes foram suportados pelos reforços, o que possibilitou atingir altos valores de tensão. Após o rompimento das primeiras fibras, ocorreu uma queda na tensão suportada e a matriz continuou se deformando até seu rompimento, o qual só ocorreu após 5% da deformação.

Figura 2 – Curva tensão-deformação



Fonte: Autor própria (2018)

O módulo de elasticidade tangente foi calculado pela Eq. (5), sendo “m” a inclinação da parte inicial da curva de carregamento por deflexão. O valor obtido, de 10,938GPa, pode ser comparado com os valores obtidos por Húsic et all (2005, p.7), considerando que para a poliuretana produzida a partir de soja o módulo foi de 18GPa e para petroquímica 27GPa. Tal redução ocorreu, pois os biocompósitos apresentam menor quantidade de agrupamentos de monômeros e redução nos agrupamentos laterais, tornando suas cadeias menos ramificadas.

$$E_B = \frac{6L^3m}{4bd^3} \quad (5)$$



Poliuretanos costumam apresentar excelente adesão com fibras, sendo este um fator importante para a transmissão de cargas da matriz para o reforço, o que contribui para a melhoria da performance do compósito e estabilidade dimensional. A fibra de vidro do tipo E possui grupos funcionais (hidroxilas) em sua superfície que facilitam a fixação juntamente com a matriz. Tal característica faz com que vários tipos de poliuretano, incluindo biomônmeros, apresentem boa compatibilidade com tal reforço (Husić et al., 2005). Devido às condições presentes no processo de fabricação, foi possível observar uma série de problemas de adesão e delaminação, evidenciando que a distribuição da resina, sua viscosidade e o tempo de fechamento da bolsa de vácuo devem ser repensados. Como a polimerização foi realizada sem aquecimento, o tempo de gel não foi reduzido, mas a viscosidade na temperatura ambiente encontrava-se alta, dificultando o processo e justificando as discrepâncias presentes nas curvas e no módulo de elasticidade.

CONCLUSÕES

A caracterização por meio de ensaios de flexão em material compósito polimérico derivado de uma blenda de óleos vegetais demonstrou valores para o módulo de elasticidade abaixo dos obtidos em compósitos reforçados que utilizam poliuretano de outras fontes.

O aquecimento da resina, em trabalhos futuros, pode permitir melhor distribuição resina no tecido. Agilizar o fechamento da bolsa evitando a entrada de uma quantidade significativa de ar e geração de bolhas pode facilitar o fluxo de resina e evitar a criação de espaços “vazios”, melhorando significativamente a adesão.



REFERÊNCIAS

CALLISTER, W. D. *Materials science and engineering: An introduction*: by W. D. Callister Jr.; published by Wiley, Chichester, West Sussex, 1985; 602 pp.; price, £40.40. *Materials Science and Engineering*, 94, 266–267. [https://doi.org/10.1016/0025-5416\(87\)90343-0](https://doi.org/10.1016/0025-5416(87)90343-0), 1987.

HUSIĆ, S., JAVNI, I., & Petrović, Z. S. **Thermal and mechanical properties of glass reinforced soy-based polyurethane composites**. *Composites Science and Technology*, 65(1), 19–25. <https://doi.org/10.1016/J.COMPSCITECH.2004.05.020>, 2005.

MACKMILLAN, L. P.; REIS, J. M. L. M. **Analysis of a glass fiber reinforced polyurethane composite repair system for corroded pipelines at elevated temperatures** (p. 6). Porto Alegre, 2013.

SILVA, Rosana Vilarim da, D. S. **Compósito de resina poliuretano derivada de óleo de mamona e fibras vegetais**. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao LMC e ao LEME por cederem espaço, equipamentos e materiais para o presente trabalho; à Kehl por contribuir com materiais e à Fundação Araucária pela concessão de Bolsas de Iniciação Científica.