

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO MATERIAL SANDUÍCHE COMPOSTO DE HONEYCOMB DE ABS LAMINADO COM TECIDO DE FIBRA DE VIDRO E RESINA EPÓXI

Antônio Carlos Barbosa Zancanella¹, antonio.zancanella@ifes.edu.br¹

Douglas Ruy Soprani da Silveira Araújo¹, douglassoprani@ifes.edu.br

Gabriel de Oliveira Santos¹, gabriel.olvs@gmail.com

Hédrick Colona¹, hedrick.colona@gmail.com

Matheus Alves Lima¹, matheus13.limma@gmail.com

Murilo Rios Barros¹, riosb.murilo@gmail.com

Natalício Filipe Teixeira Garcia Leão¹, natalfilipeleao@gmail.com

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. Rodovia BR 101 Norte, Km 58, Bairro Litorâneo - CEP 29.932-540, São Mateus – ES.

Resumo: A utilização de compósitos na indústria aeronáutica tem sido amplamente utilizado pelo fato de muitas vezes esses materiais serem mais leves que os metais e apresentarem propriedades mecânicas que atendam às necessidades das aplicações. Neste sentido, o estudo em questão teve como objetivo avaliar o comportamento de um compósito feito com tecido de fibra de vidro, resina epóxi e ABS (Acrilonitrila-Butadieno-Estireno) submetendo-o ao ensaio destrutivo de flexão para o levantamento das propriedades mecânicas deste material, e assim, avaliar a potencial aplicação em projetos de aerodesign. O compósito analisado apresenta baixa densidade e resistência a flexão superior à madeira balsa pura e ao compósito de cortiça, mas ainda não substitui o compósito de madeira balsa em questão de resistência mecânica. Mesmo assim, estruturas sanduíche de ABS com fibra de vidro podem ser aplicadas no desenvolvimento de aeronaves para a competição, principalmente em áreas que exigem menores resistências e precisam de materiais mais leves.

Palavras-chave: compósitos sanduíche, honeycomb, propriedades mecânicas, aerodesign, ABS.

1. INTRODUÇÃO

Projetos aeronáuticos requerem uma perfeita seleção de materiais, e deve-se levar em conta os custos, a potencialidade de aplicação e propriedades mecânicas de cada material. De acordo com Rezende e Botelho (2000) “Os avanços dos compósitos criaram novas oportunidades para estruturas de alto desempenho e com baixo peso, favorecendo o desenvolvimento de sistemas estratégicos como na área de mísseis, foguetes e aeronaves de geometrias complexas”.

Segundo Barci *et al.* (2016), por volta da década de 1960, materiais compósitos começaram a serem utilizados em aeronaves militares, se estendendo para aeronaves civis em 1970. Atualmente, um dos principais desafios dos fabricantes de aeronaves é poder substituir materiais convencionais, como o alumínio, por materiais compósitos no qual se busca explorar todo o seu potencial através de novos projetos estruturais.

De acordo com Gama (2017), ao se buscar propor novas características mecânicas aos compósitos híbridos os pesquisadores passaram a desenvolver novos tipos de configurações para tais materiais como os intra-camadas e sanduíches.

Gama (2017) e Costa (2017) explicam que a estrutura sanduíche, uma das estruturas mais comuns em materiais compósitos, é uma estrutura laminada no qual o compósito é formado por várias camadas ou lâminas, sobrepostas entre si. Geralmente, a estrutura consiste em duas lâminas de pouca espessura, chamadas de faces, com elevada rigidez e densidade, que são separadas por uma camada que é mais espessa e apresenta menor densidade e rigidez, chamado de núcleo.

Em acordo com Callister (2008), as estruturas sanduíche são usadas em uma ampla variedade de aplicações, incluindo telhados, pisos e paredes de prédios; indústria aeroespacial e aeronáutica.

Segundo Costa (2017) as faces, que funcionam como reforço da estrutura, são geralmente representadas pelas fibras e possuem como principal função estabelecer a resistência mecânica do compósito. As fibras podem ser do tipo naturais ou sintéticas. As fibras sintéticas mais utilizadas em compósitos são as fibras de vidro, carbono e aramílicas.

Carvalho (2008) reitera que os adesivos mais comuns para construção sanduíche são as películas fenólico-nitrílicas, pastas e películas epoxídicas modificadas, películas epóxi-nylon, líquidos e pastas de uretano modificado e películas de poliamida. Compostos à base de epóxi possuem altas performances devido às suas excelentes propriedades mecânicas, enquanto para aplicações menos exigentes são utilizados adesivos de poliuretano.

Segundo Costa (2017), os núcleos apresentam um papel de extrema importância nos compósitos tipo sanduíche. Eles devem ser rígidos o bastante na direção perpendicular às faces de modo a resistirem a tensões de cisalhamento, de modo que as faces não se soltem do núcleo quando dobradas. Os materiais geralmente empregados são a madeira balsa, placas de polímeros de baixa densidade (poliuretano, poliéster e PVC pelo baixo peso) e os honeycombs que possuem diversas configurações.

O honeycomb é um tipo de estrutura de núcleo muito popular em meio aeronáutico, também chamado de estrutura em “colmeia”. Callister (2008) define como “finas folhas que foram moldadas com formato de células hexagonais interligadas, tendo seus eixos orientados perpendicularmente aos planos das faces”.

Em acordo com Barci *et al.* (2016), estruturas em sanduíche utilizando honeycomb exibem propriedades estáticas, como alta relação rigidez-peso e resistência a alta cargas de flambagem, sendo de grande importância no campo da aeronáutica.

Vários autores analisaram o comportamento mecânico de materiais compósitos tipo sanduíche. Gama (2017) analisou compósitos de fibra de vidro e de carbono com núcleos de madeira balsa e divynycell H45®. Carvalho (2008) estudou o comportamento mecânico de laminados com núcleo de cortiça e fibras de vidro e de juta. Costa (2017) realizou uma análise em compósitos com núcleos de poliuretano e PVC com fibras de vidro e carbono. Compton (2014) utilizou a impressão 3d para imprimir compósitos de baixa densidade em resina epóxi.

O modelo de construção adotado por este trabalho é de um composto laminado do tipo sanduíche, onde camadas são organizadas de formas empilhadas e unidas com um núcleo. O material sanduíche avaliado utiliza um núcleo de ABS (Acrilonitrila-Butadieno-Estireno), laminado com tecidos de fibra de vidro e resina epóxi.

2. METODOLOGIA

O compósito estudado foi constituído de ABS (Acrilonitrila-Butadieno-Estireno) com densidade de $1,03 \text{ g/cm}^3$, tecido de fibra de vidro Texiglass EWR-200 com a gramatura média de 200 g/m^2 e resina epóxi.

Utilizando a impressora 3D do modelo UP Plus 2 (Fig. 1), foram impressos 5 núcleos, e estes núcleos foram laminados com o tecido de fibra de vidro impregnado de resina e laminado por pressão de maneira manual. Foi utilizado um total de 14,28g de tecido de fibra de vidro e 31,12g de resina epóxi para realizar a laminação dos 5 núcleos, e após a cura da laminação, os corpos de prova foram cortados e tiveram o peso aferido, apresentado na Tab. 1.

Todos os corpos de prova foram padronizados com as dimensões de $100 \times 20 \times 5 \text{ mm}$, baseada na norma ASTM D790. Todo esse processo também contou com a utilização de uma balança de precisão SHIMADZU AUY220, de um paquímetro Starret de $0,05 \text{ mm}$ de precisão e do software SolidWorks. Para a realização do ensaio de flexão, foi utilizado uma máquina de ensaios universal da MC e modelo WDW. O ensaio de flexão adotado foi o de três pontos, onde o corpo de prova ficou biapoado com distância de 80 mm entre os apoios. Os ensaios foram realizados a uma velocidade de 2 mm/min .

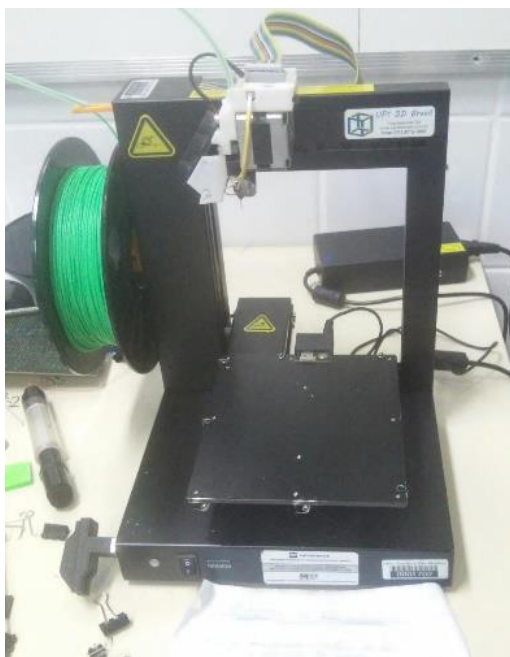


Figura 1. Impressora 3D UP Plus 2.

Tabela 1. Peso dos corpos de prova destinados ao ensaio de flexão.

Corpos de Prova	Núcleo anterior a laminação (Somente ABS) (g)	Após a laminação (ABS + Resina Epóxi) (g)	Densidade do corpo de prova (g/cm ³)
CP I	5,07	7,42	0,742
CP II	5,03	7,60	0,76
CP III	5,03	7,26	0,726
CP IV	5,00	7,42	0,742
CP V	4,96	7,40	0,74

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Figuras 2 e 3 mostram os corpos de prova antes e durante a realização do ensaio.

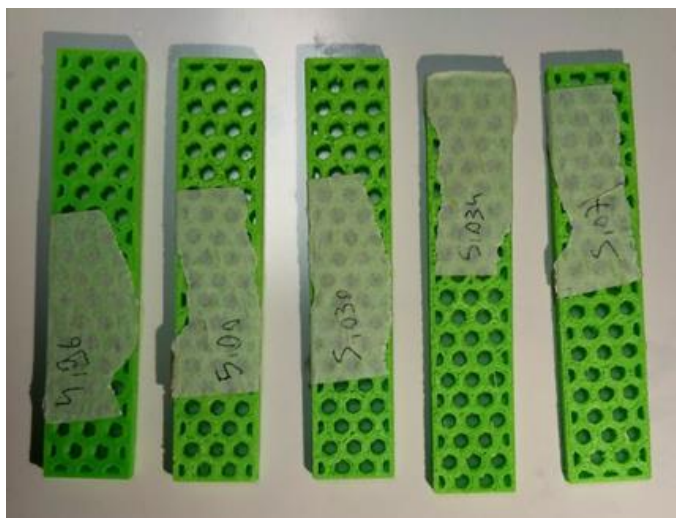


Figura 2. Corpos de prova antes do ensaio.



Figura 3. Ensaio de flexão sendo realizado.

Com os dados em mãos após realizar o ensaio de flexão, foi gerado um gráfico de Carga x Deformação, onde extraiu-se a carga máxima de cada amostra para obtenção do momento máximo conforme exibido na Fig. 4 e apresentado na Tab. 2.

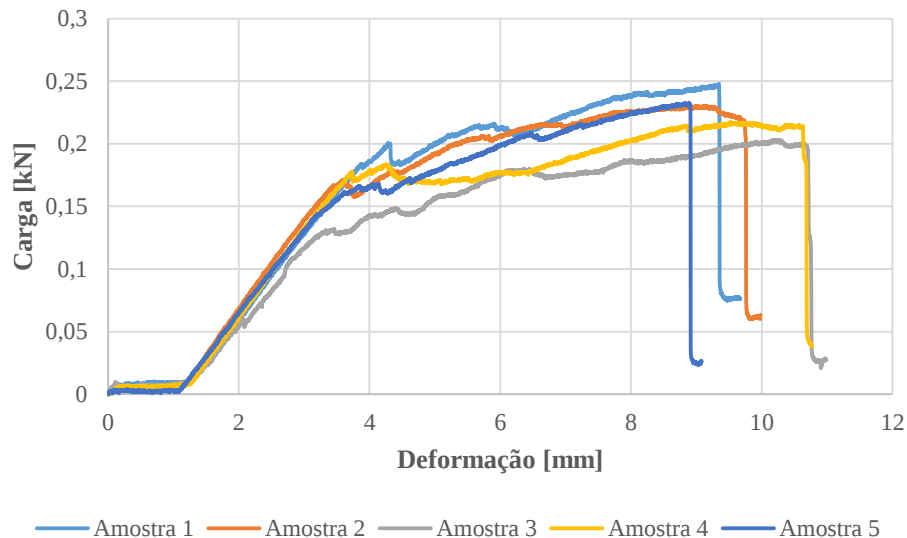


Figura 4: Curvas obtidas através do ensaio de flexão.

Tabela 2. Resultados obtidos pelo ensaio de flexão.

Amostras	Carga Máxima (kN)	Momento Máximo (N.m)	Módulo de Rigidez à flexão (GPa)
Amostra 1	0,2480	4,9600	1,3588
Amostra 2	0,2304	4,6080	1,2887
Amostra 3	0,2032	4,0640	1,0114
Amostra 4	0,2176	4,3520	1,1703
Amostra 5	0,2328	4,6560	1,3408
Média	0,2264	4,5280	1,2340
Desvio Padrão	0,01509	0,3019	0,1293

A carga máxima média obtida foi de 226,4 N, acompanhada de um desvio padrão de 15,09 N.

A maior carga foi suportada pelo corpo de prova 1, com 248,0 N, mostrando-se cerca de 9,54% acima da média. Já o corpo de prova 3 foi o que suportou a menor carga, 203,2 N, cerca de 89,75% da carga máxima média.

Gama (2017) obteve um módulo de elasticidade para madeira balsa com fibra de carbono de 24,91 GPa, para madeira balsa e fibra de vidro de 9,45 GPa, para divinycell H45® com fibra de carbono 6,15 GPa e com fibra de vidro 4,42 GPa. Ainda em Gama (2017), afirma que o módulo de elasticidade para madeira balsa é de 0,9 GPa.

Carvalho (2008) obteve como resultados uma carga máxima 102,85 N para cortiça com fibra de juta e 170,10 N para cortiça com fibra de vidro.

Comparando os resultados obtidos no ensaio de flexão com de outros autores, percebe-se que a carga máxima é maior apenas em relação à cortiça. As propriedades mecânicas tanto da madeira balsa como do divinycell H45® com fibras de carbono e de vidro se mostraram superiores ao do honeycomb com fibra de vidro.

4. CONCLUSÃO

A utilização de compósitos na fabricação de aeronaves para a competição SAE Brasil Aerodesign traz grandes vantagens estruturais, aliando a baixa massa com grande resistência mecânica.

O compósito analisado apresenta baixa densidade e resistência a flexão superior à madeira balsa pura e ao compósito de cortiça, mas ainda não substitui o compósito de madeira balsa em questão de resistência mecânica. Mesmo assim, estruturas sanduíche de ABS com fibra de vidro podem ser aplicadas no desenvolvimento de aeronaves para a competição, principalmente em áreas que exigem menores resistências e precisam de materiais mais leves.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Espírito Santo Campus São Mateus pelo apoio à pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

- ASTM D. 790-03, 2003. "Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials".
- Barci, O., Çoban, O., Bora, M. O., Akagunduz, E., Yalçın, E. B. "Experimental investigation of single and repeated impacts for repaired honeycomb sandwich structures". Materials Science & Engineering A. [S.l.]: Elsevier, 2016.
- Callister, W. D. "Ciência e engenharia de materiais: uma introdução". 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- Carvalho, P. M. R. "Análise do comportamento mecânico e identificação do tipo de falha em estruturas sandwich com núcleos de cortiça". Dissertação (mestrado). Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa: nov. 2008.
- Compton, B. G., Lewis, J. A. "3D- printing of lightweight cellular composites". Advanced materials, v. 26, n. 34, p. 5930-5935, 2014.
- Costa, J. M. G. "Análise de vigas laminadas compósitas à flexão". Dissertação (mestrado). Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto. Porto: fev. 2017.
- Gama, D. P. N. "Análise das propriedades de tensão e flexão de compósitos sanduíche". Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia Universidade Federal Fluminense. Niterói: 24 jul. 2017.
- Rezende, M. C., Botelho, E. C. "O Uso de Compósitos Estruturais na Indústria Aeroespacial". Revista Ciência e Tecnologia, vol 10, nº 2, 2000.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

EVALUATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE SANDWICH MATERIAL COMPOSITE ABS FAMILY LAMINATED WITH FIBER GLASS FIBER AND EPOXY RESIN

Antônio Carlos Barbosa Zancanella¹, antonio.zancanella@ifes.edu.br¹
Douglas Ruy Soprani da Silveira Araújo¹, douglassoprani@ifes.edu.br
Gabriel de Oliveira Santos¹, gabriel.olvs@gmail.com
Hédrick Colona¹, hedrick.colona@gmail.com
Matheus Alves Lima, matheus13.limma@gmail.com
Murilo Rios Barros, riosb.murilo@gmail.com
Natalício Filipe Teixeira Garcia Leão¹, natalfilipeleao@gmail.com

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. Rodovia BR 101 Norte, Km 58, Bairro Litorâneo - CEP 29.932-540, São Mateus – ES.

Abstract. *The use of composites in the aeronautical industry has been widely used because these materials are often lighter than metals and have mechanical properties that meet the needs of the applications. In this sense, the objective of this study was to evaluate the behavior of a composite made of fiberglass fabric, epoxy resin and ABS (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene) by subjecting it to the destructive bending test to determine the mechanical properties of this material, and thus evaluate the potential application in aerodesign projects. The analyzed composite presents low density and flexural strength superior to the pure balsa wood and the cork composite, but still does not substitute the balsa wood composite in question of mechanical resistance. Even so, fiberglass ABS sandwich structures can be applied in the development of aircraft for competition, especially in areas that require less resistance and need lighter materials.*

Keywords: *composite sandwich, honeycomb, mechanical properties, aerodesign, ABS.*

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.