

# Ciência e Engenharia de Materiais

4

Marcia Regina Werner Schneider Abdala  
(Organizadora)

 **Atena**  
Editora

Ano 2018

**MARCIA REGINA WERNER SCHNEIDER ABDALA**

(Organizadora)

# **Ciência e Engenharia de Materiais**

## **4**

Atena Editora

2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Geraldo Alves e Natália Sandrini

**Revisão:** Os autores

#### Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant'Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C569 Ciência e engenharia de materiais 4 [recurso eletrônico] / Marcia Regina Werner Schneider Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Ciência e Engenharia de Materiais; v. 4)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-64-2

DOI 10.22533/at.ed.642182910

1. Engenharia. 2. Materiais I. Abdala, Marcia Regina Werner Schneider. II. Série.

CDD 620.11

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Você já percebeu a importância dos materiais na sua vida diária? Os materiais estão provavelmente mais imersos na nossa cultura do que a maioria de nós imagina. Diferentes segmentos como habitação, saúde, transportes, segurança, informação/comunicação, vestuário, entre outros, são influenciados em maior ou menor grau pelos materiais.

De fato a utilização dos materiais sempre foi tão importante que os períodos antigos eram denominados de acordo com os materiais utilizados pela sociedade primitiva, como a Idade da Pedra, Idade do Bronze, Idade do Ferro, etc.

A humanidade está em constante evolução, e os materiais não são exceções. Com o avanço da ciência e da tecnologia a cada dia surgem novos materiais com características específicas que permitem aplicações pormenorizadas e inovação nas mais diferentes áreas.

Todos os dias centenas de pesquisadores estão atentos ao desenvolvimento de novos materiais e ao aprimoramento dos existentes de forma a integrá-los em tecnologias de manufatura economicamente eficientes e ecologicamente seguras.

Estamos entrando em uma nova era caracterizada por novos materiais que podem tornar o futuro mais fácil, seguro e sustentável. O campo da Ciência e Engenharia de Materiais aplicada está seguindo por novos caminhos. A iminente escassez de recursos está exigindo inovações e ideias criativas.

Nesse sentido, este livro evidencia a importância da Ciência e Engenharia de Materiais, apresentando uma coletânea de trabalhos, composta por quatro volumes, que permitem conhecer mais profundamente os diferentes materiais, mediante um exame das relações entre a sua estrutura, as suas propriedades e o seu processamento.

Considerando que a utilização de materiais e os projetos de engenharia mudam continuamente e que o ritmo desta mudança se acelera, não há como prever os avanços de longo prazo nesta área. A busca por novos materiais prossegue continuamente...

Boa leitura!

Marcia Regina Werner Schneider Abdala

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ESTUDO COMPARATIVO DA ABSORÇÃO DE UMIDADE ENTRE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS HÍBRIDOS REFORÇADOS COM TECIDOS DE ALTO DESEMPENHO	
<i>Helen Fernandes de Sousa</i>	
<i>Eval Oliveira Miranda Junior</i>	
<i>Ana Claudia Rangel da Conceição</i>	
<i>Victor Antunes Silva Barbosa</i>	
<i>Olímpio Baldoino da Costa Vargens Neto</i>	
<i>Mirtânia Antunes Leão</i>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
COMPÓSITOS POLIMÉRICOS REFORÇADOS COM TECIDO HÍBRIDO DE KEVLAR-CARBONO: INFLUÊNCIA DA ABSORÇÃO DE UMIDADE NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS	
<i>Eval Oliveira Miranda Junior</i>	
<i>Helen Fernandes de Sousa</i>	
<i>Ana Claudia Rangel da Conceição</i>	
<i>Victor Antunes Silva Barbosa</i>	
<i>Olímpio Baldoino da Costa Vargens Neto</i>	
<i>Mirtânia Antunes Leão</i>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
FRICTION AND WEAR OF NANOCOMPOSITES POLYSTYRENE / KAOLINITE	
<i>José Costa de Macêdo Neto</i>	
<i>Ana Emília Guedes</i>	
<i>Nayra Reis do Nascimento</i>	
<i>João Evangelista Neto</i>	
<i>Waldeir Silva Dias</i>	
<i>Bruno Mello de Freitas</i>	
<i>Solenise Pinto Rodrigues Kimura</i>	
<i>Eduardo Rafael Barreda</i>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>33</b>
INFLUÊNCIA DA QUANTIDADE DE CAULIM E DE AGENTE COMPATIBILIZANTE NO ÍNDICE DE FLUIDEZ DE COMPÓSITOS PEAD/CAULIM	
<i>Márcio Alves de Lima</i>	
<i>Gilmara Brandão Pereira</i>	
<i>Ezequiel de Andrade Silva</i>	
<i>Cirlene Fourquet Bandeira</i>	
<i>Roberto de Oliveira Magnago</i>	
<i>Sérgio Roberto Montoro</i>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>40</b>
ESTUDO DA INTEGRIDADE ESTRUTURAL EM LAMINADOS COMPÓSITOS POLIMÉRICOS	
<i>Sérgio Renan Lopes Tinô</i>	
<i>Ana Claudia de Melo Caldas Batista</i>	
<i>Raphael Siqueira Fontes</i>	
<i>Eve Maria Freire de Aquino</i>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>48</b>
ANÁLISE MECÂNICA DE ESTRUTURAS SANDUÍCHES COM DIFERENTES NÚCLEOS	
<i>Vanessa Cristina Da Costa Oliveira</i>	
<i>Vanessa Maria Yae Do Rosário Taketa</i>	
<i>Carmen Gilda Barroso Tavares Dias</i>	

**CAPÍTULO 7 ..... 58**

MATERIAL COMPÓSITO DE MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADOS POR FIBRAS DE ALGODÃO CONTÍNUAS E ALINHADAS

*César Tadeu Nasser Medeiros Branco*  
*Wassim Raja El Banna*  
*Deibson Silva da Costa*  
*Roberto Tetsuo Fujiyama*

**CAPÍTULO 8 ..... 66**

COMPÓSITO DE BORRACHA NATURAL E RESÍDUO DE COURO APLICADO COMO ISOLANTE TÉRMICO DE EDIFÍCIOS

*Maria Alessandra Bacaro Boscoli*  
*Fernando Sérgio Okimoto*  
*Saulo Guths*  
*Guilherme Dognani*  
*Eduardo Roque Budenberg*  
*Ado Eloizo Job*

**CAPÍTULO 9 ..... 82**

ANÁLISE COMPARATIVA DE UM MATERIAL COMPÓSITO DE MATRIZ POLIMÉRICA COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE FIBRA DE PIAÇAVA DO AMAZONAS.

*Waldeir Silva Dias*  
*Bruno Mello de Freitas*  
*José Costa de Macedo Neto*  
*Guilherme Moreira dos Santos*  
*Solenise Pinto Rodrigues Kimura*  
*Sarah Elisa Medeiros*  
*João Christian Paixão Fonseca*

**CAPÍTULO 10 ..... 92**

ANALYSIS OF THE STIFFNESS OF DOWEL LAMINATED TIMBER (DLT) PANELS MADE WITH LAMELLAS OF PINUS TAEDA AND ELLIOTTII WITH DOWELS OF PELTOGYNE SPP., LEGUMINOSAE

*Marcos Cesar de Moraes Pereira*  
*Carlito Calil Junior*

**CAPÍTULO 11 ..... 98**

NANOCOMPÓSITO DE POLÍMERO VERDE: COMPORTAMENTO MECÂNICO E DE INFLAMABILIDADE

*Felippe Fabrício dos Santos Siqueira*  
*Renato Lemos Cosse*  
*Joyce Batista Azevedo*  
*Tatianny Soares Alves*  
*Renata Barbosa*

**CAPÍTULO 12 ..... 108**

DESENVOLVIMENTO DE NANOCOMPÓSITOS DE POLIPROPILENO/ARGILA BENTONÍTICA ORGANOFÍLICA

*Carlos Ivan Ribeiro de Oliveira*  
*Marisa Cristina Guimarães Rocha*  
*Joaquim Teixeira de Assis*  
*Jessica Verly*  
*Ana Lúcia Nazareth da Silva*  
*Luiz Carlos Bertolino*

**CAPÍTULO 13 ..... 123**

COMPATIBILIZAÇÃO E EFEITO DA DEGRADAÇÃO TERMO-HIDROLÍTICA EM BLENDS PS/PCL

*Danilo Diniz Siqueira*  
*Dayanne Diniz de Souza Moraes*

*Rodolfo da Silva Barbosa Ferreira*  
*Edcleide Maria Araújo*  
*Danielly Campos França*  
*Elieber Barros Barbosa*  
*Amanda Dantas Oliveira*

**CAPÍTULO 14..... 139**

MEMBRANAS DE FIBRA OCA DE CARBETO DE SILÍCIO: OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

*Sandriely Sonaly Lima Oliveira*  
*Rodolfo da Silva Barbosa Ferreira*  
*Bruna Aline Araújo*  
*Keila Machado de Medeiros*  
*Hélio de Lucena Lira*  
*Edcleide Maria Araújo*

**CAPÍTULO 15..... 150**

OBTENÇÃO DE NANOFIBRAS DE SÍLICA PELO MÉTODO SBS E INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR DE SUA APLICAÇÃO COMO CARGA EM MATRIZ POLIMÉRICA

*Edvânia Trajano Teófilo*  
*Gabriel Lucena de Oliveira*  
*Radamés da Silva Teixeira*  
*Francisco Diassis Cavalcante da Silva*  
*Rosiane Maria da Costa Farias*  
*Romualdo Rodrigues Menezes*

**CAPÍTULO 16..... 161**

SINERGISMO ENTRE AS PROPRIEDADES ÓPTICAS E FOTOCATALÍTICAS DE FIBRAS DOS ÓXIDOS DE TITÂNIO E TUNGSTÊNIO

*Luana Góes Soares da Silva*  
*Annelise Kopp Alves*

**CAPÍTULO 17..... 177**

ADSORÇÃO DO POLI (3-OCTILTIOFENO) EM ÓXIDO DE ZINCO PARA USO EM CÉLULAS SOLARES

*Guilherme Arielo Rodrigues Maia*  
*Guilherme José Turcatel Alves*  
*Bianca Vanjura Dias*  
*Gideã Taques Tractz*  
*Leticia Fernanda Gonçalves Larsson*  
*Everson do Prado Banczek*  
*Sandra Regina Masetto Antunes*  
*Paulo Rogério Pinto Rodrigues*

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 186**

## ANÁLISE MECÂNICA DE ESTRUTURAS SANDUÍCHES COM DIFERENTES NÚCLEOS

**Vanessa Cristina Da Costa Oliveira**

Universidade Federal do Pará

Belém - Pará

**Vanessa Maria Yae Do Rosário Taketa**

Instituto Federal do Pará

Belém – Pará

**Carmen Gilda Barroso Tavares Dias**

Universidade Federal do Pará

Belém - Pará

**RESUMO:** Foi realizado um estudo comparativo do comportamento mecânico entre estruturas sanduíches (S), com lâminas de fibra de vidro (L) e núcleos: de espuma de poli (cloreto de vinila) de células fechadas (PVC), de colmeia de polipropileno (PP) e de compensado naval (CN). Os ensaios foram realizados na máquina EMIC, modelo DL2000. Os resultados mostraram que os módulos de elasticidade médio sob tração das lâminas de fibra de vidro foi de 1042 MPa; sob compressão os núcleos de compensado naval foi de 19,40MPa; de colmeia de PP foi de 18,33MPa e espuma de PVC foi de 15,94 MPa; sob flexão os sanduíches com núcleos de compensado naval e colmeia de PP apresentaram módulos de elasticidade de 186,7 MPa e 70,75 MPa, respectivamente. Concluiu-se que para o piso da embarcação o sanduíche de compensado naval é mais apropriado, para a casaria o mais indicado é o sanduíche de

colmeia de PP e finalmente, para as divisórias sugerimos o sanduíche de núcleo de PVC.

**PALAVRAS-CHAVE:** compósitos, sanduíche, polipropileno, poli cloreto de vinila, compensado naval.

**ABSTRACT:** Composite materials have been widely used in various sectors of industry due to high demand for lighter structures and at the same time resistant. Especially the nautical sector, has shown its great interest in composite materials, manufacturing boats with innovative designs, using the principles of pressure and temperature in their construction processes. With this we conducted a comparative study of the mechanical behavior of sandwich structures with glass fiber cores and: of polyethylene foam (vinyl chloride) - PVC closed cell honeycomb polypropylene -PP and plywood. All assays were performed in EMIC machine, DL2000 model. The results showed that the average moduli of elasticity under tension of the glass fiber strip was 1042 MPa; under compression the plywood cores was 19,40MPa; PP honeycomb was 18,33MPa and PVC foam was 15,94 MPa; bending under the sandwiches with core plywood and PP honeycomb had to 186.7 MPa modulus of elasticity and 70.75 MPa, respectively. It was concluded that for the floor of the vessel plywood sandwich is more appropriate to marry the most suitable is the sandwich honeycomb

PP and finally to encourage the partitions sandwich PVC core.

**KEYWORDS:** composite, sandwich, polypropylene, polyvinyl chloride, plywood.

## 1 | INTRODUÇÃO

A estrutura sanduíche (Fig. 1) é uma classe especial de material compósito, sendo constituídas por duas faces, um núcleo de baixa densidade responsável por manter um alto momento de inércia através do afastamento das faces e transmitir as solicitações de esforços de uma lâmina para outra e um adesivo responsável pela conexão da face com o núcleo e transmitir as solicitações de esforços cisalhantes. Esse tipo de estrutura pode ser comparado com vigas, onde a alma equivale ao núcleo e os flanges equivalentes às faces.

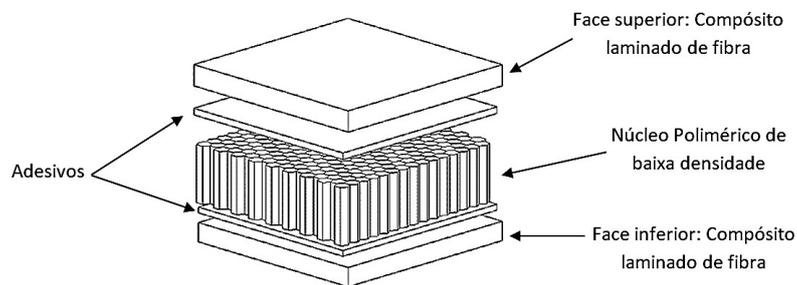


Figura 1: Estrutura sanduíche simplificada

Fonte - Arquivo pessoal

Os sanduíches são empregados preferencialmente nos setores náuticos e aeronáuticos, devido suas, tão requisitadas, características que são leveza e resistência mecânica e química.

Estudos vêm sendo desenvolvidos para avaliar a performance dinâmica dos compósitos sanduíches, através de análises numéricas e experimentais, TSA (Análise de Tensão Termo Elástica) e EF (elementos Finitos), além de simulações computacionais e ensaios mecânicos com corpos de prova, para investigar seu desempenho dinâmico e comportamento de fratura. [10,15]

O conhecimento das características de diferentes núcleos pode ajudar na escolha do tipo e dimensão dos componentes dos sanduíches conforme sua aplicação estrutural. A Madeira balsa, por exemplo, tem muito mais elevado módulo de cisalhamento e tensão do que núcleo de espuma, o que o torna ideal para aplicações de setores em que as propriedades mecânicas mais altas são requeridas. No entanto, deve-se levar em consideração a grande dispersão nos padrões de deformação da madeira Balsa, que é, devido à estrutura de células natural da madeira e a irregularidade de densidade local [9].

As espumas de células fechadas apresentam melhor desempenho quando

submetidas a impactos, se comparadas as espumas de células abertas. E estas podem melhorar sua resistência mecânica por meio de costura do núcleo com fibras [17]. Outra maneira de melhorar a resistência de sanduíche com núcleo de espuma, é inserir pinos cilíndricos de polímeros, ligando uma face a outra, [1] ou até mesmo inserir escamas retas protetoras nas faces do sanduíche, melhorando sua resistência ao impacto [8].

Os modos de falha apresentados por estruturas sanduíche, geralmente são provocados por esforços mecânicos de tração, compressão, cisalhamento ou impactos e sua resposta dinâmica depende de alguns parâmetros, como espessura do núcleo e das lâminas, massa, bem como a frequência vibratória a que são submetidas [7, 11].

Altas temperaturas podem influenciar significativamente o desempenho de sanduíches reduzindo o rendimento de carga inicial de cisalhamento do núcleo [14,16,18-20]. Ao passo que adicionando corte semicircular, ou também chamados de chaves cisalhantes na linha entre face e núcleo, melhora a interação nessa região aumentando a rigidez e resistência ao cisalhamento [12]. Além de que painéis sanduíches com chave cisalhante defletem menos se comparados com aqueles que não possuem chaves cisalhantes [13].

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados neste estudo materiais sanduíches com três diferentes tipos de núcleos, sendo eles: Sanduíche de núcleo de espuma de pvc de célula fechada (SPVC), Sanduíche de colmeia de polipropileno (SCPP) e Sanduíche de compensado naval (SCN). Conforme pode ser observado na figura 2.

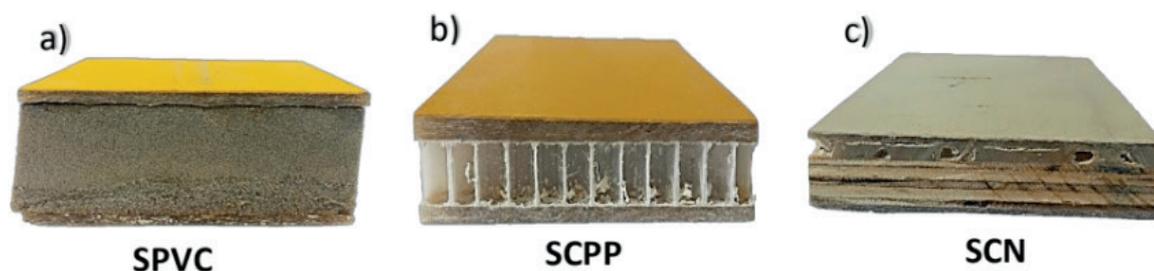


Figura 2: Estruturas sanduíches de núcleo de a) pvc de célula fechada b) colmeia de polipropileno c) compensado naval.

Fonte - Arquivo pessoal

Os três materiais são compostos da seguinte sequência: Lamina Superior (LS), Núcleo, Lâmina inferior (LI), conforme detalhe abaixo.

	Sanduiche		Espessura Média
LS	Gel ortoftálico	PVC	39,6 mm ( $\pm 0,11$ )
	3 Mantas de fibra de vidro 450 g/m <sup>2</sup> )		
LI	Núcleo	PP	20,15 mm ( $\pm 1,65$ )
	2 Mantas de fibra de vidro 450 g/m <sup>2</sup> )		
	resina ortoftálica	CN	16,16 mm ( $\pm 0,011$ )

Para a realização dos ensaios mecânicos, foram atendidas normas ASTM's correspondentes para cada tipo de ensaio e realizados sob temperatura ambiente. Valores médios e desvios-padrão foram calculados.

## 2.1. Tração nas Lâminas

Os testes de tração foram realizados de acordo com a ASTM D5083-10 [6]. Os corpos de prova (CP) tinham as dimensões de 50 mm x 170 mm. Os testes foram realizados na máquina EMIC DL2000 com a velocidade de 5 mm/min.

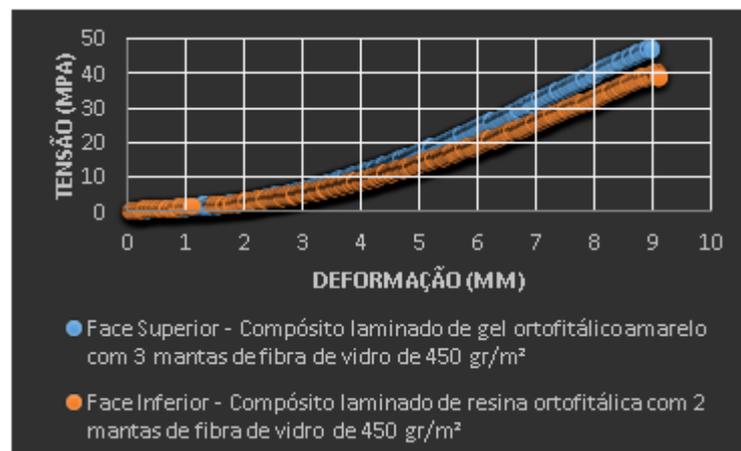


Gráfico 1: Ensaio de tração das Lâminas superior e inferior

Fonte - Arquivo pessoal

## 2.2. Compressão

Os testes de compressão foram realizados de acordo com a ASTM C365/365M [3]. Os corpos de prova tinham as dimensões de 85 mm x 85 mm e espessura do núcleo de 12 mm. Os testes foram realizados em temperatura ambiente na máquina Emic DL2000 com a célula de carga Trd 24 e velocidade de 0,5 mm/min para todas as amostras.

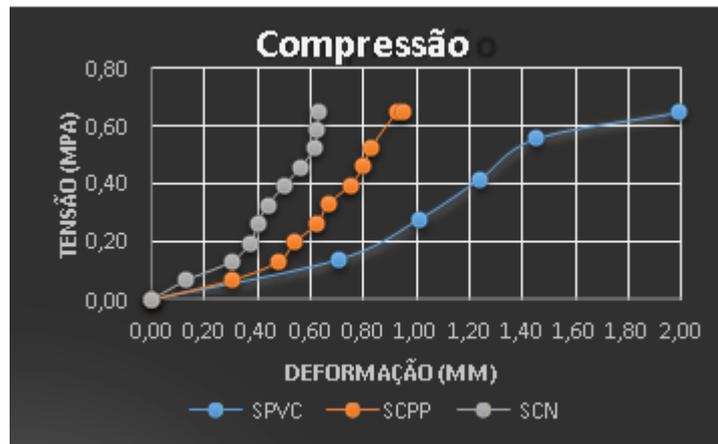


Gráfico 2: Resultado comparativo dos 3 materiais no ensaio de compressão.

Fonte – Arquivo Pessoal

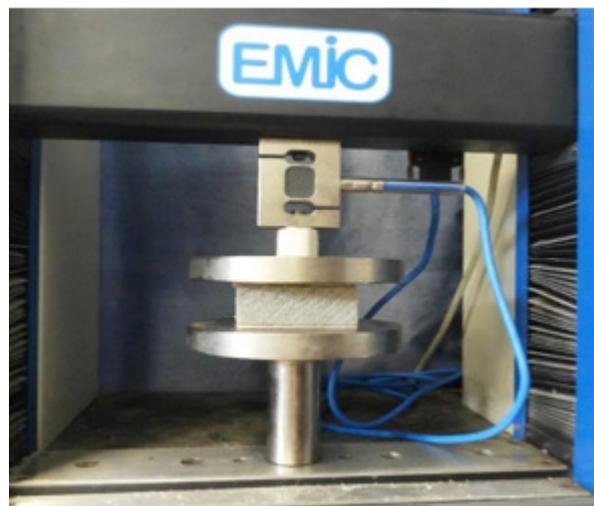


Figura 3: Ensaio de compressão em sanduíche de núcleo de espuma de pvc.

Fonte - Arquivo pessoal

### 2.3. Resistência ao Impacto

Foi realizado o ensaio de impacto segundo a norma ASTM D 6110 [5] na máquina Gunt hamburg, modelo WP 410 com pêndulo de energia de impacto com escala até 150 N.m. Os corpos de prova apresentaram dimensões de 10,2 x 126 mm (Figuras).

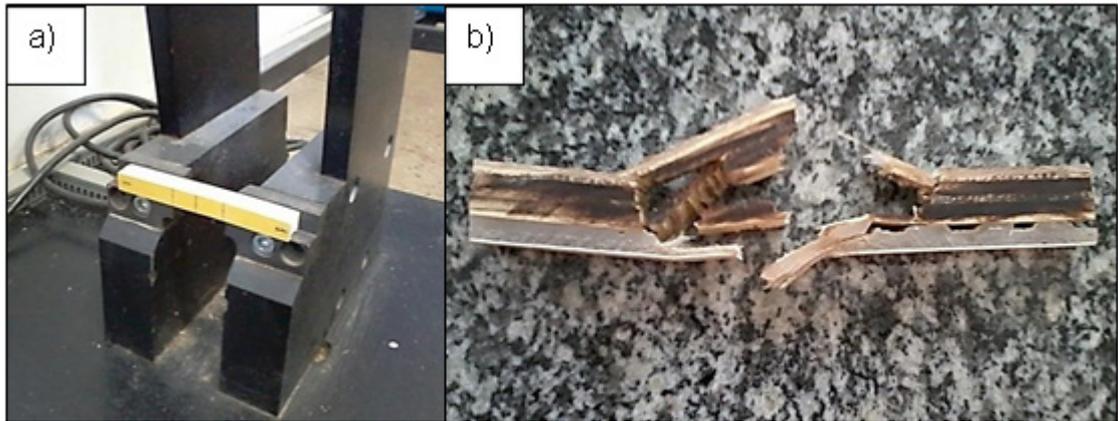


Figura 4: a) CP sanduíche de núcleo colmeia posicionado na máquina; b) CP sanduíche de núcleo de compensado naval, após ensaio.

Fonte - Arquivo pessoal

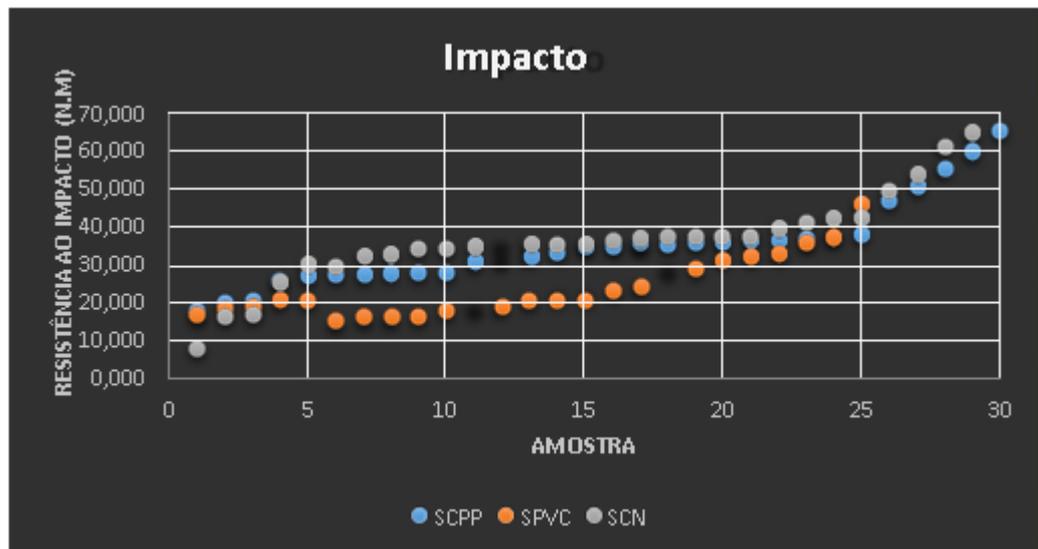


Gráfico 3: Resultado comparativo do ensaio de impacto

Fonte - Arquivo pessoal

## 2.4. Cisalhamento

Foi realizado o ensaio de cisalhamento de acordo com a norma ASTM C 273-11[2] e através do ensaio foi determinado módulo de elasticidade ao cisalhamento da estrutura sanduíche os corpos de prova de dimensões 60 x 150 mm para sandwich de núcleo colmeia e 60 x 110 para sandwich de núcleo compensado naval. As Figuras 5.a e 5.b ilustram os corpos de prova de cisalhamento prontos para o ensaio.

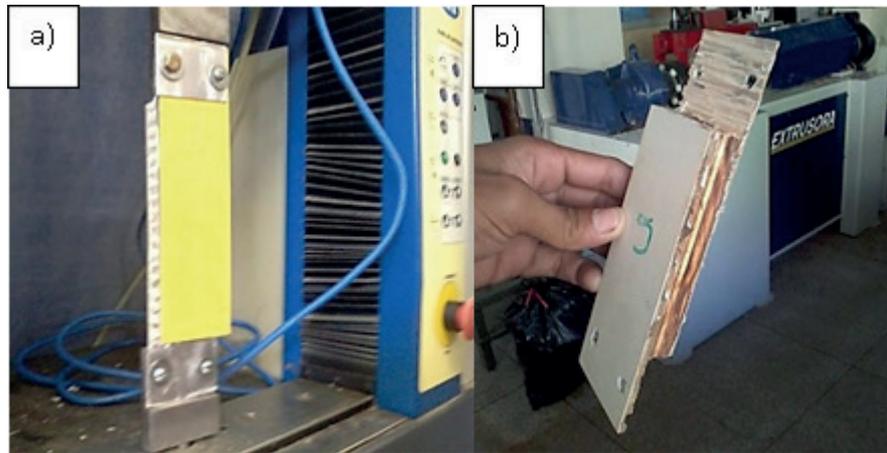


Figura 5: CP de a) SHPP e b) SCN

Fonte - Arquivo pessoal



Gráfico 4: Resultado comparativo de cisalhamento nos sanduíches SHPP e SCN

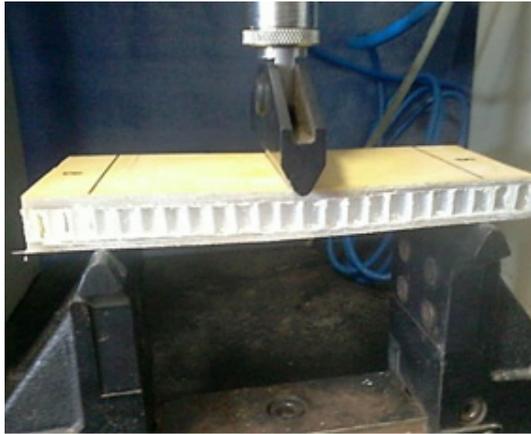
Fonte - Arquivo pessoal

Nota-se que não foi realizado o cisalhamento no SPVC, devido a multiplicação de chaves cisalhantes no pvc ser muito maior e, portanto, não interessar para o resultado comparativo.

## 2.5. Flexão

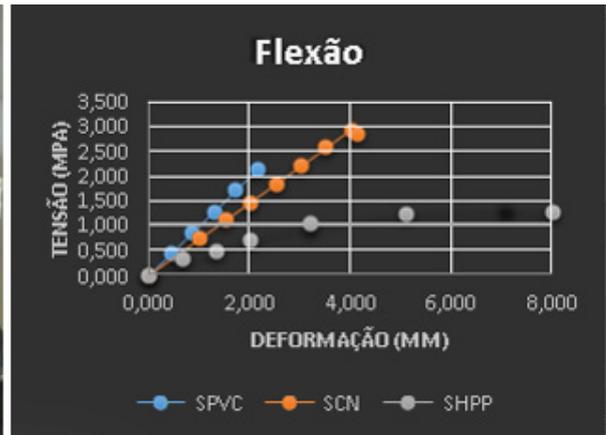
Os testes de flexão em três pontos foram realizados de acordo com a ASTM C393/393M [4]. Os corpos de prova tinham as dimensões de 75 mm x 200 mm. Os testes foram realizados na máquina EMIC DL2000 com a velocidade de 4 mm/min.

Figura 6: CP do sanduíche de colmeia de polipropileno durante a flexão



Fonte – Arquivo Pessoal

Gráfico 5: Resultado comparativo do ensaio de flexão.



Fonte – Arquivo Pessoal

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostraram que os módulos de elasticidade médio sob tração da lâmina superior de fibra de vidro foi maior que da lâmina inferior, o que já era esperado, considerando a quantidade de camadas de fibras em cada lâmina; Sob compressão o SCN foi de 19,40 MPa; O SCPP foi de 16,6 MPa e o SPVC foi de 15,94 Mpa; o que permite dizer que os núcleos escolhidos estão com rigidez na mesma escala de grandeza. Sob flexão o SCN, SCPP e SPVC apresentaram módulos de elasticidade de 186,7 MPa, 70,75 MPa e 26,32 MPa respectivamente. E sob cisalhamento, o SCPP apresentou melhor resposta em relação ao SCN, este com valor de 35 MPa e aquele com 144 MPa.

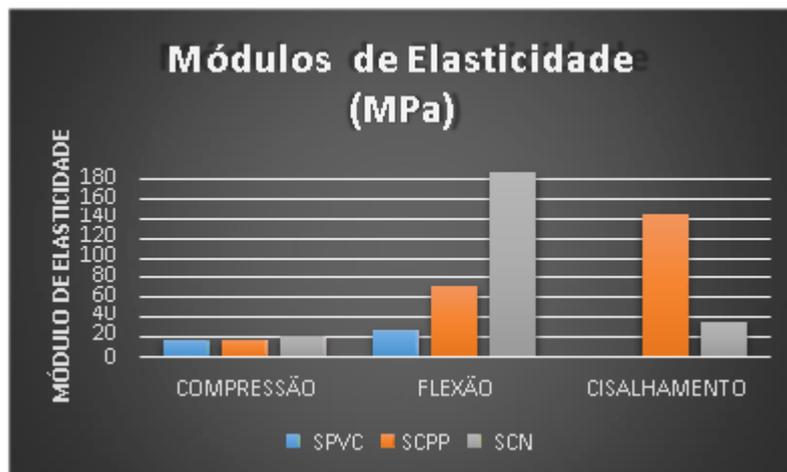


Gráfico 6: Resumos dos resultados com seus respectivos módulos médios

Fonte – Arquivo Pessoal

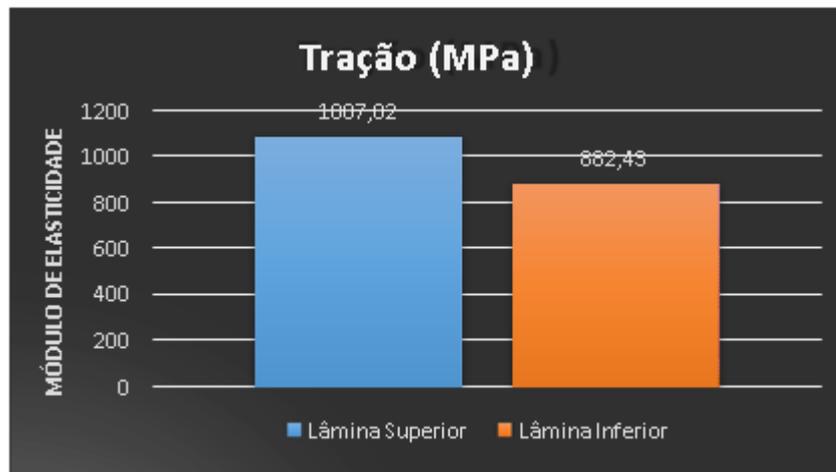


Gráfico 7: Comportamento das lâminas sob tração.

Fonte – Arquivo Pessoal

## 4 | CONCLUSÃO

O comportamento mecânico dos sanduíches SPVC, SCPP e SCN foram investigados e comparados entre si. Considerando que os materiais aqui trabalhados são empregados na construção de embarcações, concluiu-se que para o piso dos barcos, o sanduíche de compensado naval é mais apropriado, para a casaria o mais indicado é o sanduíche de colmeia de PP e finalmente, para as divisórias sugerimos o sanduíche de núcleo de espuma PVC de célula fechada.

## REFERÊNCIAS

ABDI, B. et al. **Comparison of Foam Core Sandwich Panel and Through-Thickness Polymer Pin-Reinforced Foam Core Sandwich Panel Subject to Indentation and Flatwise Compression Loadings**. *Polymer Composites*, v.37, p.612-619, 2016.

**ASTM C 273-61**, Standard Test Method for Shear Properties of Sandwich Core Materials.

**ASTM C365/365M**, Standard Test Method for Flatwise Compressive Properties of Sandwich Cores.

**ASTM C393/393M**, Standard Test Method for Core Shear Properties of Sandwich Constructions by Beam Flexure.

**ASTM D 6110**, Standard Test Method for Determining the Charpy Impact Resistance of Notched Specimens of Plastics.

**ASTM D5083-10**, Standard Test Method for Tensile Properties of Reinforced Thermosetting Plastics Using Straight-Sided Specimens.

AVACHAT, S.; ZHOU, M. **High-speed digital imaging and computational modeling of dynamic failure in composite structures subjected to underwater impulsive loads**. *International Journal of Impact Engineering*, v.77, p.147-165, Nov. 2015.

- CHUA, Y. S. et al. **Fish scale- cellular composite system for protection against low-velocity impact**. *Composite Structures*, v.145, p.217-225, Mar. 2016.
- FATHI, A.; KELLER, J.; ALTSTAEDT, V. **Full-field shear analyses of sandwich core materials using Digital Image Correlation (DIC)**. *Composites - Part B*, v.70, p.156-166, Nov. 2015.
- FATT, M. S. H.; SIRIVOLU, D. **Blast response of double curvature, composite sandwich shallow shells**. *Engineering Structures*, v.100, p.696-706, Jul. 2015.
- MONDAL, S. et al. **Dynamic performance of sandwich composite plates with circular hole/cut-out: A mixed experimental– numerical study**. *Composite Structures*, v.131, p.479-489, May 2015.
- MOSTAFA, A. **Numerical analysis on the effect of shear keys pitch on the shear performance of foamed sandwich panels**. *Engineering Structures*, v.101, p.216-232, Jul. 2015.
- MOSTAFA, A.; SHANKAR, K.; MOROZOV, E. V. **Independent analytical technique for analysis of the flexural behaviour of the composite sandwich panels incorporated with shear keys concept**. *Materials and Structures*, v.48, p.2455-2474, May 2014.
- VIDAL, P.; GALLIMARD, L.; POLIT, O. **Thermo-mechanical analysis of laminated composite and sandwich beams based on a variables separation**. *Composite Structures*, v.152, p.755-766, May 2016.
- WANG, W. et al. **Fracture behaviour at tri-material junctions of crack stoppers in sandwich structures**. *Composite Structures*, v.133, p.818-833, Jul. 2015.
- WANG, W.; DULIEU-BARTON, J.M.; THOMSEN, O.T. **A Methodology for Characterizing the Interfacial Fracture Toughness of Sandwich Structures using High Speed Infrared Thermography**. *Experimental Mechanics*, v.56, p.121-132, Apr. 2015.
- YALKIN, H. E.; ICTEN, B. M.; ALPYILDIZ, T. **Enhanced mechanical performance of foam core sandwich composites with through the thickness reinforced core**. *Composites Part B*, v.79, p.383-391, May 2015.
- YANG, P. et al. **Evaluation of temperature effects on low velocity impact damage in composite sandwich panels with polymeric foam cores**. *Composite Structures*, v.129, p.213-223, Mar. 2015.
- ZHANG, S.; DULIEU-BARTON, J. M.; THOMSEN, O. T. **The effect of elevated temperatures on the bending behaviour of foam cored sandwich structures**. *Journal of Composite Materials*, v.49, p.3809-3822, 2015.
- ZHANG, S.; DULIEU-BARTON, J. M.; THOMSEN, O. T. **The effect of temperature on the failure modes of polymer foam cored sandwich structures**. *Composite Structures*, v.121, p.104-113, Nov. 2015.

## **SOBRE A ORGANIZADORA:**

**Marcia Regina Werner Schneider Abdala:** Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Graduada em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Possui experiência na área de Educação a mais de 06 anos, atuando na área de gestão acadêmica como coordenadora de curso de Engenharia e Tecnologia. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se a atuação como professora de ensino superior atuando em várias áreas de graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Atuou como inspetora de Aviação Civil, nas áreas de infraestrutura aeroportuária e segurança operacional em uma instituição federal.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-85107-64-2

