



**A Interface
Essencial
da Engenharia
de Produção no
Mundo Corporativo 3**

**Cleverson Flôr da Rosa
João Dallamuta
(Organizadores)**

Cleverson Flôr da Rosa
João Dallamuta
(Organizadores)

A Interface Essencial da Engenharia de Produção no Mundo Corporativo 3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
l61	<p>A interface essencial da engenharia de produção no mundo corporativo 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Cleverson Flôr da Rosa, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (A Interface Essencial da Engenharia de Produção no Mundo Corporativo; v. 3)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-457-3 DOI 10.22533/at.ed.573190907</p> <p>1. Administração de produção. 2. Engenharia de produção. 3. Gestão da produção. I. Rosa, Cleverson Flôr da. II. Dallamuta, João. III. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Esta obra, organizada em múltiplos volumes, é composta por pesquisas realizadas por professores de cursos de engenharia e gestão. Optamos por uma abordagem multidisciplinar por acreditarmos que esta é a realidade da pesquisa em nossos dias.

A engenharia de produção é um ramo da engenharia industrial que estuda a tecnologia de processos de produção de natureza industriais, mas que acabam por serem estendidos a outras áreas como serviços e gestão pública. Dada a sua natureza orientada a resolução problemas, a engenharia de produção é fortemente baseada em situações práticas do setor produtivo, característica esta que exploramos nesta obra.

Todos os trabalhos com discussões de resultados e contribuições genuínas em suas áreas de conhecimento. Os organizadores gostariam de agradecer aos autores e editores pelo espírito de parceria e confiança.

Boa leitura

Cleverson Flor da Rosa

João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A EDUCAÇÃO EMPREENDEDORA COMO FORMA DE DESENVOLVIMENTO DO EMPREENDEDOR	
Mário Fernando de Mello Luciano de Los Santos Nunes Daian Augusto Pilan Nunes Henrique Zago Cervo	
DOI 10.22533/at.ed.5731909071	
CAPÍTULO 2	17
A GESTÃO DA INOVAÇÃO NA ERA DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL (INDÚSTRIA 4.0)	
Ricardo Alexandre Diogo Armando Kolbe Junior Neri dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.5731909072	
CAPÍTULO 3	33
A IMPORTÂNCIA DO PCNA NO DESEMPENHO DE GRADUANDOS DE ENGENHARIA QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ	
Shirley Cristina Cabral Nascimento Laíz Rayanna de Oliveira Gama Edward de Souza Pampolha Júnior Alexandre Guimarães Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.5731909073	
CAPÍTULO 4	45
A PERCEPÇÃO DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: DETERMINANTES UTILIZADOS PELOS USUÁRIOS DE HABITAÇÕES UNIFAMILIARES POPULARES	
Marcelo Alexandre Siqueira De Luca Fabiano Barreto Romanel	
DOI 10.22533/at.ed.5731909074	
CAPÍTULO 5	56
A QUALIDADE EM SERVIÇOS A FAVOR DA VANTAGEM COMPETITIVA: PRINCIPAIS DETERMINANTES PARA OS PROCESSOS PRIMÁRIOS DE SERVIÇO (PPS)	
Marcelo Alexandre Siqueira De Luca Fabiano Barreto Romanel	
DOI 10.22533/at.ed.5731909075	
CAPÍTULO 6	69
ANÁLISE DA CORROSÃO SOBRE TENSÃO NO AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO 304	
Edilange Moreira da Costa Claudio Roberto Silva Junior Gustavo Henrique Andrade Sousa José Ribamar Santos Moraes Filho	
DOI 10.22533/at.ed.5731909076	

CAPÍTULO 7	78
ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE A EFICIÊNCIA E EFICÁCIA DO TRANSPORTE COLETIVO DE PASSAGEIROS POR ÔNIBUS NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO	
Aldo Eliades Fernández Pérez Hugo Miguel Varela Repolho	
DOI 10.22533/at.ed.5731909077	
CAPÍTULO 8	92
ANÁLISE DE IMPLEMENTAÇÃO DA NORMA INTERNACIONAL DE SEGURANÇA DE ALIMENTOS FSSC 22000: UMA INOVAÇÃO CULTURAL	
Gustavo Henrique Marques Tanatiana Ferreira Guelbert Marcelo Guelbert	
DOI 10.22533/at.ed.5731909078	
CAPÍTULO 9	104
ANÁLISE DE <i>LAYOUT</i> DOS ALMOXARIFADOS EM UMA ENCARROÇADORA DE ÔNIBUS	
Thales Henrique Kascher Santos Leandro Reis Muniz	
DOI 10.22533/at.ed.5731909079	
CAPÍTULO 10	120
APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA DO RAMO TÊXTIL DO SERTÃO BAIANO	
Nathaly Silva de Santana Rafael de Azevedo Palhares Arthur Arcelino de Brito Alessandro Jackson Teixeira de Lima Mariana Simião Brasil de Oliveira João Marcos Ferreira de Souza Jonhatan Magno Norte da Silva Victor Hugo Arcelino de Brito Diego de Melo Cavalcanti Ozeas Ferreira da Silva Geyne Lohana Gonçalves Bezerra Diego da Silva Lima Jaine da Cruz Silva Débora Justino dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.57319090710	
CAPÍTULO 11	131
APLICAÇÃO DO MAPA DE PROCESSO EM UMA AGROINDÚSTRIA DO SUDOESTE GOIANO PARA MELHORIA DO PROCESSO DE SALSICHAS	
Darlan Marques da Silva Lalesca Silva Santos Ana Maiara Rodrigues Pereira Ana Luiza Soares Nascimento Gabriel Ribeiro dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.57319090711	

CAPÍTULO 12 144

APLICAÇÃO DO *POKA YOKE* PARA MELHORIA DE QUALIDADE NA SEGURANÇA DO TRABALHO:
UMA REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

Edilange Moreira da Costa
Claudio Roberto Silva Junior
Gustavo Henrique Andrade Sousa
José Ribamar Santos Moraes Filho

DOI 10.22533/at.ed.57319090712

CAPÍTULO 13 154

APLICAÇÃO DO *SOFTWARE* WRc STOAT EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS
RESIDUÁRIAS DE INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

Karla Yumi Shingo
Rafael Montanhini Soares de Oliveira.
Isabela Bruna de Tavares Machado Bolonhesi
Thiago Augusto de Moraes
Tanatiana Ferreira Guelbert

DOI 10.22533/at.ed.57319090713

CAPÍTULO 14 167

COMPORTAMENTO MECÂNICO DE COMPÓSITOS VERDES DE MATRIZ EPÓXI/POLIÉSTER
REFORÇADOS COM LUFFA CYLINDRICA

Bruno Dorneles de Castro
Claudia Victoria Campos Rubio
Julia Amaral dos Santos
Luciano Machado Gomes Vieira
Juan Carlos Campos Rubio

DOI 10.22533/at.ed.57319090714

CAPÍTULO 15 180

CRIAÇÃO DE UM MAKERSPACE PARA ENGENHEIROS EM FORMAÇÃO: RELAÇÃO CUSTO X
BENEFÍCIO

Lucas Davis Ribeiro de Paula
Danielle Saranh Galdino Duarte Garcia
Raquel Ferreira de Souza

DOI 10.22533/at.ed.57319090715

CAPÍTULO 16 194

DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DE ESTOQUES NO ALMOXARIFADO DE UMA INSTITUIÇÃO DE
ENSINO SUPERIOR

Gisleangela Strohschein
Laura Visintainer Lerman
Raquel de Abreu Pereira Uhr
Natália Eloísa Sander

DOI 10.22533/at.ed.57319090716

CAPÍTULO 17 206

ESTUDO DE UM DESSALINIZADOR SOLAR DE ÁGUA VISANDO APLICAÇÕES NA ÁREA DE TECNOLOGIA SOCIAL

Mickael Gomes Viana
Priscylla Ferreira Dos Santos
Isaú de Souza Alves Junior
Simone Aparecida de Lima Scaramussa
Jorge Vieira Dos Santos Junior
Paulo Mário Machado Araujo

DOI 10.22533/at.ed.57319090717

CAPÍTULO 18 215

ANÁLISE QUANTITATIVA DA PERDA DE MASSA POR OXIDAÇÃO EM BARRAS DE AÇO CARBONO CA-50: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO DA CORROSÃO EM CURSOS DE ENGENHARIA CIVIL/IFS

Francisco Luiz Campos Lopes
Michael Douglas Santos Monteiro
Henrique Carvalho Santos Melo
Luan Martins Siqueira
Francisco Luiz Gumes Lopes

DOI 10.22533/at.ed.57319090718

CAPÍTULO 19 228

INFRAESTRUTURA CRÍTICA (IEC) NA GESTÃO DE RISCOS: PLANEJAMENTO DE ROTAS ALTERNATIVAS DE EVACUAÇÃO EM SITUAÇÃO DE DESASTRES NATURAIS POR INUNDAÇÕES UTILIZANDO O MODELO DE TRÁFEGO MATSim

Estela da Silva Boiani
Magda Camargo Lange Ramos
Graziela Grandó Bresolin
Júlio César Farias Zilli
Luana Barcelos da Silva

DOI 10.22533/at.ed.57319090719

CAPÍTULO 20 242

PROPOSTA DE GERENCIAMENTO VISUAL E METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS QRQC APLICADAS NA LOGÍSTICA: ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Eduardo Villalba
Alexandre Tadeu Simon
Renan Stenico de Campos

DOI 10.22533/at.ed.57319090720

CAPÍTULO 21 256

UMA ANÁLISE DAS BARREIRAS NA APLICAÇÃO DO LEAN HEALTHCARE EM UM CENTRO DE MATERIAIS E ESTERILIZAÇÃO – CME

Andréia Harter

DOI 10.22533/at.ed.57319090721

CAPÍTULO 22 268

GERENCIAMENTO DE PROJETOS NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS (PDP) APLICADO NA CONSTRUÇÃO DE UMA AERONAVE PARA COMPETIÇÃO DO AERODESIGN

Edilange Moreira da Costa
Claudio Roberto Silva Junior
Gustavo Henrique Andrade Sousa
José Ribamar Santos Moraes Filho

DOI 10.22533/at.ed.57319090722

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 279

COMPORTAMENTO MECÂNICO DE COMPÓSITOS VERDES DE MATRIZ EPÓXI/POLIÉSTER REFORÇADOS COM LUFFA CYLINDRICA

Bruno Dorneles de Castro

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte – Minas Gerais

Claudia Victoria Campos Rubio

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte – Minas Gerais

Julia Amaral dos Santos

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte – Minas Gerais

Luciano Machado Gomes Vieira

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte – Minas Gerais

Juan Carlos Campos Rubio

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte – Minas Gerais

RESUMO: O aumento populacional implica no aumento da demanda por produtos, o que torna necessária a busca por diversos métodos de produção sustentável, caracterizados pela redução do uso de fontes convencionais e não renováveis. Por outro lado, os materiais compósitos têm ganhado grande destaque no cenário industrial, uma vez que possibilitam combinações de diversas propriedades mecânicas, sendo base para incríveis aplicações, sobretudo em setores que necessitam de avançada tecnologia. Além disso, a substituição das tradicionais fibras

sintéticas por fibras naturais, como reforço de compósitos, tem sido foco de diversas pesquisas, devido à importância de se utilizar materiais sustentáveis, que considerem a importância do ciclo de vida de um produto na preservação do planeta. Este trabalho tem como objetivo caracterizar o comportamento mecânico de compósitos de matriz polimérica, reforçados com bucha vegetal Luffa Cylindrica. Foram definidas quatro combinações experimentais, utilizando duas resinas, epóxi e poliéster, sendo reforçadas por duas ou três camadas de buchas, a fim de avaliar a influência do tipo de resina e do número de camadas nos resultados dos testes. Para a análise do comportamento mecânico dos compósitos, foram realizados testes de flexão, tração e impacto Charpy. O uso de duas camadas de fibra vegetal Luffa Cylindrica, contribuiu para um aumento nas resistências à flexão e à tração dos compósitos. Os compósitos com resina epóxi apresentaram maior resistência à tração e menor resistência ao impacto, em comparação com os compósitos de matriz poliéster.

PALAVRAS-CHAVE: Compósitos de matriz polimérica, Fibras naturais, Luffa Cylindrica.

ABSTRACT: The increase in population implies an increase of demand for products, which makes it necessary to search for various methods of sustainable production, qualified

by the less use of conventional and non-renewable sources. On the other hand, composite materials have won great prominence in the industrial scenario, since they allow various mechanical properties combinations providing incredible applications, especially in sectors that need advanced technology. Besides that, the replacement of usual synthetic fibers with natural fibers as reinforcement for the composites, has been the focus of several researches, due to the value of using sustainable materials, which considers the matter of the product's life cycle that impacts the planet. This work aims to feature the mechanical behavior of a polymer matrix composite that is reinforced with natural fibres, *Luffa Cylindrica*. Four experimental combinations were defined, using two resins, epoxy and polyester, reinforced by two or three layers of natural fibres, to measure the influence of the type of the resin and the number of layers in the tests results. To analyzing the mechanical behavior flexural, tensile and impact tests were performed. The use of two layers of vegetable fibres contributed to an increase in flexural and tensile strength. The epoxy resin composites showed higher tensile strength and lower impact resistance compared to polyester composites matrix.

KEYWORDS: Polymer Matrix Composites, Natural Fibers, *Luffa Cylindrica*.

1 | INTRODUÇÃO

Há um grande interesse mundial pelo desenvolvimento de novas tecnologias que possibilitem a utilização de produtos com menor impacto ambiental e que atendam às necessidades das indústrias. Por esse motivo, o desenvolvimento de pesquisas com materiais compósitos tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, uma vez que possibilita a combinação de propriedades de diferentes materiais, podendo fomentar a mentalidade sustentável nos mais variados âmbitos da cadeia produtiva de um determinado produto (OMRANI; MENEZES; ROHATGI, 2016).

Nesse contexto, o uso de fibras naturais como material de reforço em compósitos representa uma boa forma de se considerar o uso de uma fonte renovável, de natureza abundante, como um insumo na fabricação de um produto. Sua biodegradabilidade e combustão sem produzir gases nocivos ou resíduos sólidos contribuem para um ecossistema mais saudável, influenciando positivamente na vida de gerações futuras (MARINELLI et al., 2008).

As fibras naturais são caracterizadas por possuir baixo peso e baixo custo, e seu uso em substituição às fibras sintéticas tradicionais, como fibras de vidro e de aramida, tem sido maciçamente investigado, resultando em diversas possibilidades de aplicações, de acordo com o novo desempenho mecânico alcançado (ADEKOMAYA et al., 2017).

A *Luffa cylindrica* (LC), popularmente conhecida como bucha (Figura 1), é uma planta subtropical, abundante no território Chinês, Japão e em outros países da Ásia, bem como em países da América Central e do Sul. Sua fruta tem um sistema vascular que, quando seca, se arranja em uma manta tridimensional natural. O uso de bucha como reforço em compósitos de matriz polimérica apresenta como grande vantagem a

característica de manta natural contínua dessa fibra (BOYNARD & d'ALMEIDA, 2000; NAGLIS & d'ALMEIDA, 1994).



Figura 1 – Luffa cylindrica adulta (Lider Agronomia, 2016)

Em geral, as características da esponja de LC que se destacam são o baixo custo, a não toxicidade, a estabilidade física e química durante a expectativa de vida, a biodegradabilidade após eliminação em condições de compostagem e, como já citado, a abundância na natureza (KAEWTATIP & THONGMEE, 2012). Esses recursos garantem a viabilidade comercial da LC esponja e o fornecimento fácil, promovendo-o como um produto sustentável.

As resinas têm como fim atuar como adesivo, ou seja, fazer com que o material atinja sua resistência própria em um dado instante, apresentando excelente resistência química, alta capacidade de liga e resistência mecânica final muito elevada (COSTA et al., 2015). Por esse motivo, a adesão interfacial entre a resina e o material de reforço é determinante nas propriedades mecânicas do compósito constituído por essas fases (AHMAD; LUYT, 2012).

As resinas epóxi (etoxileno) são as que contêm o grupo epoxílico, derivadas da epiclórídria e bisfenol A. São provenientes de gases petrolatos e a da condensação de fenol com acetona, respectivamente (PIRES et al., 2005). Elas, por si só, não apresentam características físicas para utilização prática, devendo ser combinadas em sistemas com outros materiais. Para tanto, se utilizam catalisadores que possuem em suas moléculas hidrogênio ativo, o qual reage com as resinas gerando uma “formulação epóxi” (COSTA et al., 2015).

As resinas poliéster são compostos orgânicos derivados de petróleo que passam do estado líquido para o sólido através da polimerização. Tais resinas constituem-se em um dos polímeros termofixos mais largamente usados na indústria visto sua grande versatilidade e suas boas propriedades mecânicas, por um custo relativamente baixo (AQUINO, 2003).

Este estudo tem como objetivo caracterizar o comportamento mecânico de compósitos de matrizes epóxi e poliéster, reforçadas com Luffa Cylindrica (LC). Testes

de flexão em três pontos, tração e impacto Charpy foram realizados, a fim de investigar a influência do número de camadas de bucha como reforço no módulo de elasticidade e na resistência à solitação mecânica de cada teste.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Condições experimentais

Neste trabalho, foram definidas quatro condições experimentais, variando o fator número de camadas de Luffa Cylindrica (duas ou três camadas) e o fator tipo de resina (epóxi ou poliéster), a fim de analisar as propriedades mecânicas obtidas nos testes de tração, flexão e impacto. A Tabela 1 traz um resumo das condições experimentais definidas neste trabalho.

Condição experimental	Tipo de resina	Número de camadas de Luffa Cylindrica
EP_2C	Epóxi	Duas
EP_3C	Epóxi	Três
PO_2C	Poliéster	Duas
PO_2C	Poliéster	Três

Tabela 1 – Condições experimentais do estudo

A fabricação dos corpos de prova e a realização dos experimentos foram realizados de maneira totalmente aleatória. A fim de evitar distorções nos resultados encontrados, os outliers não foram considerados nas análises estatísticas, que foram realizadas com o auxílio do software Minitab 17®.

2.2 Processo de fabricação dos compósitos

Os compósitos foram fabricados em molde através de compressão para obtenção de placas planas, com superfícies homogêneas, de modo a possibilitar a construção de corpos de prova. Todas as etapas da confecção das placas dos compósitos ocorreram no Grupo de Inovação e Tecnologia em Materiais (GITEM), laboratório da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Inicialmente, as buchas, que apresentavam uma espessura média estimada em 2 mm foram cortadas nas dimensões 16 x 20 mm (largura x comprimento), definindo assim as dimensões padrão de uma camada (Figura 2a).

Para o preparo da resina epóxi, utilizou-se a proporção mássica indicada pelo fornecedor de 1/10 de catalisador/resina. Para a fabricação dos compósitos, foi definida a proporção volumétrica de 70/30 de resina/bucha, considerando densidades da fibra vegetal e das resinas. Além disso, foi possível perceber que, com tais proporções, uma espessura média de 4 mm era obtida, sendo esta espessura ideal para os testes mecânicos a serem realizados.

Para a moldagem dos compósitos na forma de placa, foi construído um molde retangular, composto por duas chapas de aço (Figura 2b), que foram revestidas com tecidos de Armalon®, composto de Teflon, um material desmoldante, a fim de evitar a interação química das resinas com as placas e de facilitar a remoção e a limpeza do molde após a fabricação do compósito.

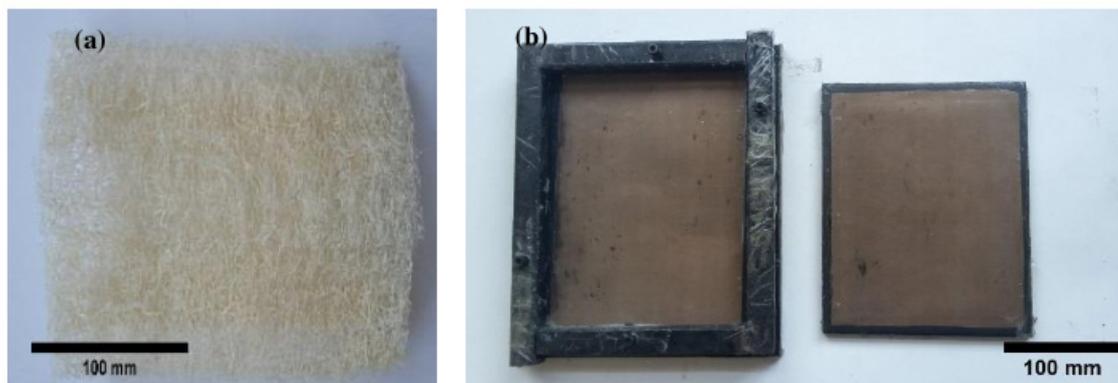


Figura 2 – Em (a) Luffa cylindrica “bucha” processada e (b) molde para a confecção dos compósitos

As resinas foram misturadas com as camadas de bucha dentro do molde citado, e foram submetidas a uma pressão a frio de 5 Kgf/cm², por meio de uma prensa hidráulica do tipo BOVENAU-P15500. Os compósitos ficaram prensados por 48 horas, a uma temperatura média de 25 ± 2 °C e umidade relativa do ar de 60%. Retirados os compósitos da prensa, estes foram mantidos a temperatura de 25 ± 2 °C por 7 (sete) dias para cura completa, antes de serem cisalhados e moldados em corpos de prova para os testes mecânicos.

2.3 Ensaios mecânicos

Os ensaios mecânicos foram realizados no Centro de Inovação e Tecnologia em Compósitos (CITec) da Universidade Federal de São João del-Rei. Os ensaios de flexão em três pontos e de tração foram realizados por meio de uma máquina universal de ensaios da Shimadzu, modelo AG-X Plus.

Os ensaios de flexão foram realizados com base na norma ASTM D790-17 (2017). Foram construídos 10 (dez) corpos de prova para cada uma das quatro condições experimentais, cada um com largura aproximada de 76 mm, comprimento aproximado de 1,3 m e espessura aproximada de 4 mm. Com base na espessura, a distância entre os vãos foi de 64 mm. A velocidade do ensaio foi de 1 mm/min. As propriedades de módulo de elasticidade na flexão, resistência à flexão e deslocamento máximo da máquina até a fratura foram obtidas com o auxílio do software TrapeziumX®.

Os ensaios de tração, por sua vez, ocorreram com base na norma ASTM D3039-17 (2017). Um total de 5 (cinco) corpos de prova foram ensaiados para cada condição experimental, que tiveram um comprimento de 16 mm, largura de 1,9 mm e espessura

aproximada de 4 mm. O comprimento útil dos corpos de prova foi de 100 mm, e a uma velocidade do ensaio foi de 1 mm/min. Assim como nos ensaios de flexão, os valores de módulo de elasticidade na tração, resistência à tração e deformação até a ruptura foram obtidos com o auxílio do software TrapeziumX[®].

Os ensaios de impacto Charpy, por sua vez, foram realizados com base nas normas ASTM D6110-18 (2018), em uma máquina XJJ-50 Series (Figura 5), com um pêndulo de 15 J e velocidade de 3,8 m/s. Os corpos de prova tiveram um comprimento de 80 mm, largura de 10 mm e espessura aproximada de 4 mm. Foram construídos 10 (dez) corpos de prova de cada condição, a fim de avaliar a energia absorvida ao impacto Charpy dos compósitos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os compósitos apresentaram um comportamento frágil, característico de polímeros termorrígidos, no momento das fraturas, relacionadas às solicitações mecânicas dos ensaios. A adesão interfacial dos compósitos influencia diretamente na transmissão de cargas mecânicas. No caso das fibras naturais, como a bucha, há a existência de grupos funcionais hidroxilas, que conferem às fibras uma característica hidrofílica (polar), que se contrasta com as resinas poliméricas hidrofóbicas (apolares), favorecendo a propagação de trincas (HOTO et al., 2014; BARBHUIYA et al., 2016).

Com base nos resultados dos testes mecânicos realizados, a Tabela 2 mostra a média e o desvio-padrão de cada propriedade mecânica avaliada.

Condição	Flexão			Tração			Impacto
	Módulo de elasticidade (GPa)	Resistência (MPa)	Deslocamento máximo (mm)	Módulo de elasticidade (GPa)	Resistência (MPa)	Deformação até a ruptura (%)	Energia (J)
EP_2C	0,84±0,03	24,39±1,69	2,78±0,56	1,04±0,47	22,54±2,73	0,85 ± 0,30	0,31±0,02
EP_3C	1,08±0,05	18,94±1,87	5,13±1,01	1,71±0,45	15,90±1,73	1,67 ± 0,07	0,31±0,03
PO_2C	1,20±0,04	19,55±3,67	1,91±0,36	1,48±0,44	10,93±1,67	2,51 ± 0,02	0,32±0,06
PO_3C	1,43±0,06	15,97±1,66	2,70±0,50	2,82±0,41	10,54±2,69	0,65 ± 0 02	0,73±0,12

Tabela 2 – Resultados obtidos através dos ensaios mecânicos

A partir dos ensaios de flexão, verificou-se que os compósitos com resina poliéster apresentaram uma rigidez à flexão maior (maior módulo de elasticidade) que os compósitos com resina epóxi (Fig. 3a). Sugere-se a interferência de fatores como a afinidade química entre cada tipo de resina e a bucha, além das propriedades de cada tipo de resina, como a massa molar e a densidade de ligações cruzadas, que variam conforme os parâmetros de fabricação da resina e afetam diretamente em seu comportamento mecânico (UMBOH et al., 2014; PISTOR, SOARES, MAULER, 2016).

A adição de uma terceira camada de bucha resultou em um aumento na rigidez dos compósitos, o que mostra que a fibra contribuiu para o enrijecimento da estrutura

polimérica. Luo et al. (2016) verificaram em um estudo de compósitos com resinas epóxi reforçadas com fibras de sisal que a variação no teor de reforço pode influenciar positiva ou negativamente nas propriedades de flexão desses compósitos, uma vez que a rigidez desses materiais depende da densidade de ligações cruzadas e da massa molar da resina utilizada.

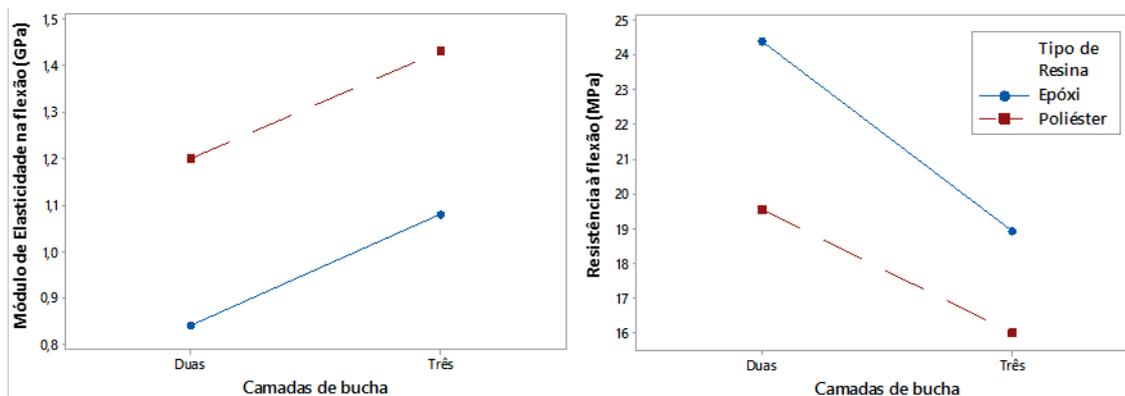


Figura 3 – Gráfico de interações para (a) módulo de elasticidade na flexão e (b) resistência à flexão dos compósitos

A resistência à flexão, por sua vez, diminui com a adição de mais uma camada de bucha (Fig. 3b), em ambas as resinas, devido à problemas de adesão interfacial. Aumentando a quantidade de bucha de reforço, aumenta-se o contato superficial entre as fases, o que pode acarretar na formação de um material mais heterogêneo. Quando a adesão interfacial é fraca, as trincas podem se propagar mais facilmente. Pelos resultados, a adição de uma terceira camada de bucha resultou na diminuição da capacidade do material em resistir aos esforços cisalhantes na interface matriz e fibra. Por esse motivo, para um aumento na resistência com o aumento no teor de fibras, pode-se considerar o uso de tratamentos químicos na bucha, para aumentar a rugosidade superficial e diminuir a hidrofobicidade de sua estrutura (DOAN, BRODOWSKY, MÄDER, 2012; AHMAD, LUYT, 2012).

A Figura 4 mostra a curva força por deslocamento de exemplos de cada condição experimental. Percebe-se que os compósitos com três camadas de bucha tiveram maior deformação, com menores módulos de força aplicada, em comparação com os compósitos com duas camadas de bucha.

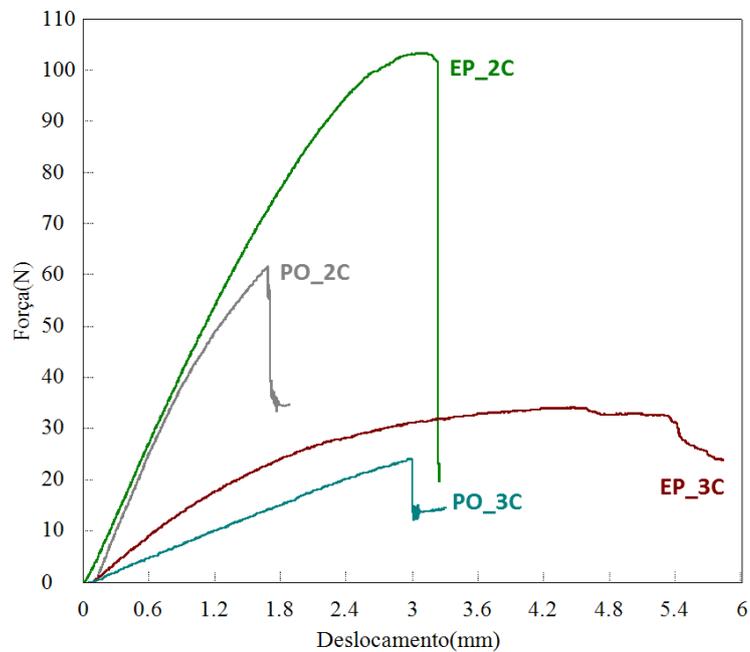


Figura 4 – Curvas força por deslocamento das condições experimentais, obtidas nos testes de flexão

Com relação aos resultados dos testes de tração, observou-se uma tendência semelhante àquela encontrada nos resultados dos testes de flexão, no qual há uma módulo de elasticidade superior nos compósitos com resina poliéster (Fig. 5a). Destaca-se a possibilidade de influência das propriedades mecânicas de cada resina isoladamente, sendo evidente uma maior rigidez à tração no caso da resina poliéster. Contudo, ressalta-se que as propriedades mecânicas desses polímeros variam de acordo com seus parâmetros de fabricação (CROSSLEY, SCHUBEL, STEVENSON, 2014).

Houve também um aumento no módulo de elasticidade com a adição de mais uma camada no compósito. As propriedades mecânicas dos compósitos são basicamente resultantes de combinações das propriedades mecânicas de cada componente isoladamente, o que se faz inferir que o aumento no teor de bucha pode resultar no aumento da rigidez do material (POTHAN et al., 2008).

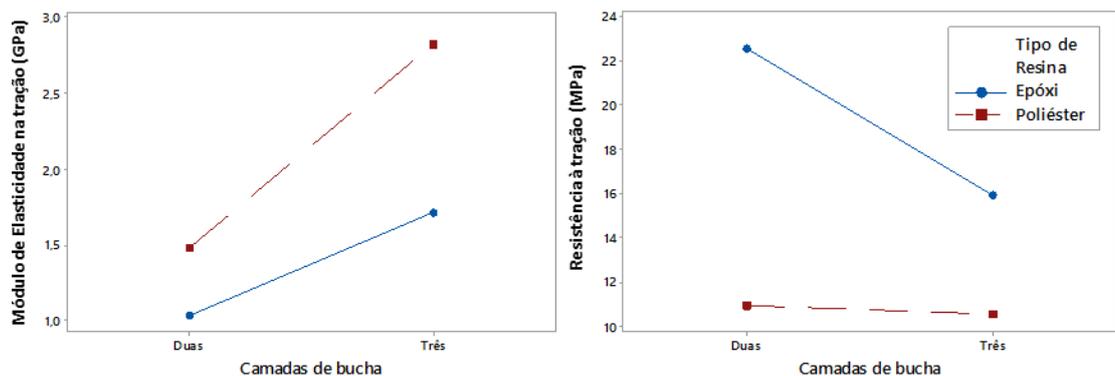


Figura 5 – Gráfico de interações para (a) módulo de elasticidade na tração e (b) resistência à tração dos compósitos

A resistência à tração dos compósitos (Fig. 5b) foi maior com o uso da resina epóxi, independentemente do número de camadas de bucha. Além disso, a adição de uma terceira camada de bucha diminuiu a resistência à tração, sugerindo problemas de adesão interfacial. Esse decréscimo na resistência à tração também foi verificado no estudo de Mohanta e Acharya (2015), que analisou esse comportamento em compósitos de resina epóxi reforçados com bucha vegetal. A superfície de uma fibra natural é comumente lisa e hidrofílica, o que pode lhe conferir dificuldades em resistir à cargas mecânicas, quando estão como reforço de compósitos poliméricos (OLIVEIRA et al., 2017).

A Figura 6 mostra a curva tensão por deformação para ensaios de tração das condições experimentais. É possível perceber que a deformação até a ruptura variou sem uma tendência clara entre os fatores. Isso se mostra evidente quando a transmissão das cargas entre as fases não é precisa, devido à problemas de adesão interfacial (MOHANTA, ACHARYA, 2015).

Através dos ensaios de Impacto Charpy (Figura 7), verificou-se que a condição com resina poliéster com três camadas de bucha apresentou uma maior absorção de energia ao impacto que as demais condições, o que mostra que houve uma boa interação entre essa resina e o uso de três camadas de bucha, considerando a solicitação mecânica de impacto imposta.

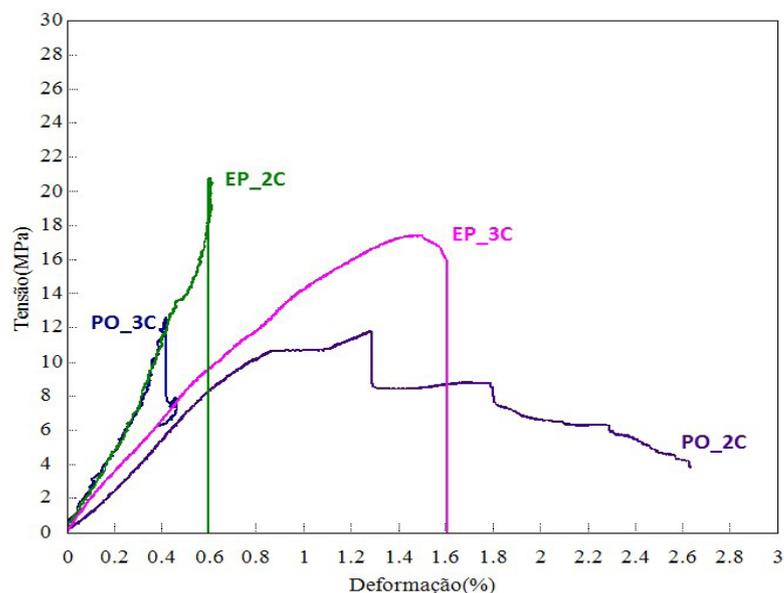


Figura 6 – Curvas tensão por deformação em ensaios de tração dos compósitos

No caso dos compósitos com resina epóxi, não foi verificada uma alteração evidente na capacidade de absorção de energia, considerando os parâmetros utilizados nesse ensaio. Salienta-se também a importância da viscosidade dos polímeros, uma vez que o escoamento por entre as lacunas existentes na estrutura física da bucha possibilita uma absorção mais uniforme da resina pelas fibras vegetais

(POLYCHRONOPOULOS et al., 2016).

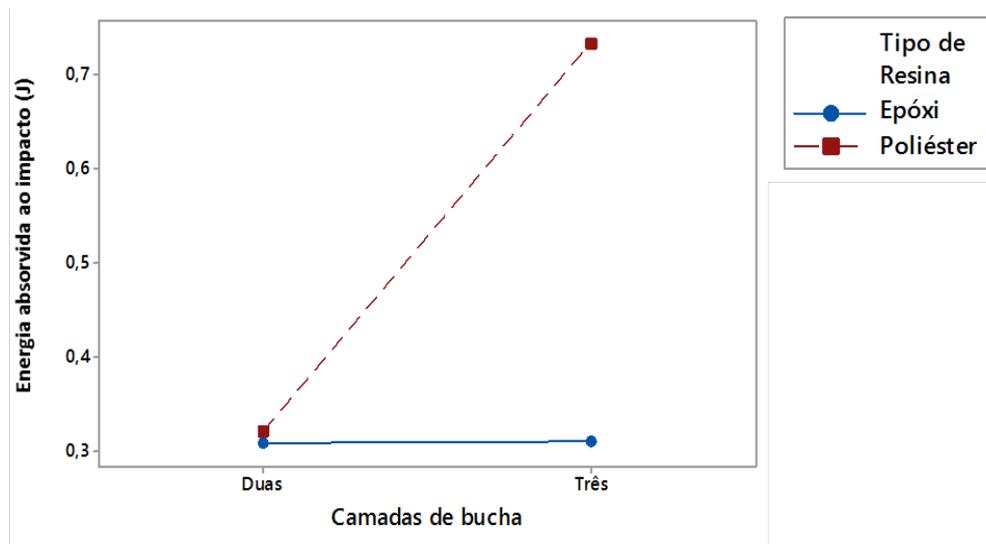


Figura 7 – Gráfico de interações da energia absorvida ao impacto Charpy dos compósitos

Nas análises das fraturas dos compósitos foram observadas fraturas típicas de quebra da matriz, arrancamento de fibras, ponte de fibras e ruptura de fibras como podemos observar nas imagens da Tabela 3.

Li, Mai e Ye (2005) afirmam que problemas, como delaminações e arrancamento de fibras, visíveis na fratura de compósitos, são oriundas de problemas de adesão interfacial, uma vez que as trincas se propagam severamente quando a adesão entre as fases não é suficiente para evitá-las. Além disso, os autores ressaltaram a influência de forças cisalhantes no interior desses compósitos, que são determinantes na transferência de cargas no interior desses materiais.

Condição	Tração	Flexão em 3 pontos	Impacto Charpy
EP_2C			
EP_3C			



Tabela 3 - Fraturas dos compósitos em ensaios de tração, flexão e impacto

4 | CONCLUSÃO

Motivado por estruturas de baixa densidade e baixo peso com menor impacto ambiental, o uso de compósitos reforçados com *Luffa Cylindrica* pode representar uma alternativa interessante para o Brasil em várias aplicações, como nas indústrias automotivas e de construção civil. Além disso, a facilidade de cultivo, a resistência às intempéries e o curto ciclo de maturação dessa bucha favorece sua produção em larga escala, o que incentiva economicamente sua utilização pelo mercado industrial.

Por meio deste trabalho, foi possível concluir que a utilização de buchas (*Luffa cylindrica*) como reforço de matrizes epóxi e poliéster é uma forma válida, na tentativa de substituir fibras sintéticas tradicionais, pois o material compósito final possui propriedades mecânicas que possibilita a sua aplicação como material estrutural.

Além disso, a utilização de três camadas de buchas, como reforço, resulta em um aumento no módulo de elasticidade na flexão e na tração, se comparado aos compósitos com apenas duas camadas de bucha. Os compósitos com matriz de epóxi apresentaram maior resistência à tração e menor resistência ao impacto que os compósitos de matriz poliéster, o que evidencia a diferença no comportamento mecânico de cada resina, com base nos testes realizados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGMEC) da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ADEKOMAYA, O; JAMIRU, T.; SADIKU, R.; HUANG, R. Negative impact from the application of natural

fibers. **Journal of clean production**, v. 143, p. 843-846, 2017.

AHMAD, E. E. M.; LUYT, A. S. Effects of Organic Peroxide and Polymer Chain Structure on Mechanical and Dynamic Mechanical Properties of Sisal Fiber Reinforced Polyethylene Composites. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 125, p. 2216-2222, 2012.

AQUINO, R. C. M. P. **Desenvolvimento de compósitos de fibras de piaçava da espécie attalea funifera mart e matriz de resina poliéster**. 2003. 151 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais), Universidade Estadual do Norte Fluminense, Centro de Ciência e Tecnologia, Campos dos Goitacazes, 2003.

ASTM D3039 / D3039M-17, **Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials**, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017.

ASTM D6110-18, **Standard Test Method for Determining the Charpy Impact Resistance of Notched Specimens of Plastics**, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018.

ASTM D790-17, **Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials**, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017.

BARBHUIYA, A. H.; CHOUDHURY, S.; U. ISMAIL, K. Characteristics of murta bast fiber reinforced epoxy composites. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 133, n. 43, 2016.

BOYNARD, C. A.; D'ALMEIDA, J. R. M. Morphological characterization and mechanical behavior of sponge gourd (*luffa cylindrica*)–polyester composite materials. **Polymer-Plastic Technology. & Engineering**, v. 39, p.489, 2000.

COSTA, L. A.; DIAS, R.; MACHADO, R. A. F.; FREITAS, F.; CZIZEWESKI, T.; WILMSEN, J.; Desenvolvimento de tinta epóxi base água com alta resistência e ação bacteriana”, p. 13800-13807. **Anais...** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, XX, v.1, n.2, São Paulo, Blucher, 2015.

CROSSLEY, R.; SCHUBEL, P.; STEVENSON, A. Furan matrix and flax fibre as a sustainable renewable composite: Mechanical and fire-resistant properties in comparison to phenol, epoxy and polyester. **Journal of Reinforced Plastics**, v. 33, n. 1, p. 58-68, 2014.

DOAN, T-T-L.; BRODOWSKY, H.; MÄDER, E. Jute fibre/epoxy composites: Surface properties and interfacial adhesion. **Composites Science and Technology**, v. 72, n. 10, p. 1160-1166, 2012.

HOTO, R.; FURUNDARENA, G.; TORRES, J. P.; MUÑOZ, E.; ANDRÉS, J.; GARCÍA, J. A. Flexural behavior and water absorption of asymmetrical sandwich composites from natural fibers and cork agglomerate core. **Materials Letters**, v. 127, p. 48-52, 2014.

KAEWATIP, K.; THONGMEE, J. Studies on the structure and properties of thermoplastic starch/luffa fiber composites. **Materials Design**, v. 40, p. 314-318, 2012.

LI, Y.; MAI, Y-W.; YE, L. Effects of fibre surface treatment on fracture-mechanical properties of sisal-fibre composites. **Composites Interfaces**, v. 12, n. 1-2, p. 41-63, 2005.

LIDER AGRONOMIA. **Bucha**. Disponível em: <http://www.lideragronomia.com.br/2016/04/bucha.html>. Acesso: 25 agosto 2018.

MARINELLI, A. L.; MONTEIRO, M. R.; AMBRÓSIO, J. D.; BRANCIFORTI, M. C.; KOBAYASHI, M.; NOBRE, A. D. Desenvolvimento de Compósitos Poliméricos com Fibras Vegetais Naturais da Biodiversidade: Uma Contribuição para a Sustentabilidade Amazônica. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 18, n. 2, p. 92-99, 2008.

MOHANTA, N.; ACHARYA, S. K. Tensile and Flexural Behavior of Sisal Fabric/Polyester Textile Composites Prepared. **BioResources**, v. 10, n. 4, p. 8364-8377, 2015.

NAGLIS, M. M. M.; D'ALMEIDA, J. R. M. Aspectos do Emprego de Fibras Naturais Como Reforço em Compósitos: Análise da Morfologia da Luffa Cilíndrica. **Anais...** In: MICROMAT, IV, p.575, São Carlos – SP, out (1994).

OLIVEIRA, C. G.; MARGEM, F. M.; MONTEIRO, S. N.; LOPES, F. P. D. Comparison between tensile behavior of epoxy and polyester matrix composites reinforced with eucalyptus. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 6, n. 4, p. 406-410, 2017.

OLIVEIRA, L. A. **Desenvolvimento e caracterização de um compósito de matriz metálica (cmm): aço eurofer97 reforçado com carbetto de tântalo – tac” – Natal/RN.** 2013.

OMRANI, E.; MENEZES, P. L.; ROHATGI, P. K. State of the art on tribological behavior of polymer matrix composites reinforced with natural fibers in the green materials world. **Engineering Science and Technology, an International Journal**, v. 18, p. 717-736, 2016.

PIRES, G.; PEREIRA, D.S.; DIAS FILHO, N. L.; VECCHIA, G. D. Caracterização Físico-Química e Mecânica do Sistema Éster de Silsexquioxano/ Resina Epóxi Dgeba/ Dietilenotriamina. **Revista Matéria**, v. 10, n. 2, pp. 317 – 330, 2005.

PISTOR, V.; SOARES, B. G.; MAULER, R. S. Influence of two different molecular weight epoxy resins on the glass transition of composites manufactured with expanded graphite. **Journal of Composites Materials**, v. 50, n. 13, p. 1817-1828, 2016.

POLYCHRONOPOULOS, N. D.; CHARLTON, Z.; SUWANDA, D. VLACHOPOULOS, J. Measurements and Comparison to Predictions of Viscosity of Heavily Filled HDPE with Natural Fibers, **Advances in Polymer Technology**, v. 37, n. 4, p. 1161-1167, 2018.

POTHAN, L. A.; MAI, Y. W.; THOMAS, S.; LI, R. K. Y. Tensile and Flexural Behavior of Sisal Fabric/ Polyester Textile Composites Prepared by Resin Transfer Molding Technique. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, v. 27, n. 16-17, p. 1847-1867, 2008.

UMBOH, M. K.; ADACHI, T.; NEMOTO, T.; HIGUCHI, M.; MAJOR, Z. Non-stoichiometric curing effect on fracture toughness of nanosilica particulate-reinforced epoxy composites. **Journal of Materials Science**, v. 49, n. 21, p. 7454-7461, 2014.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-457-3

