

Engenharia de Materiais e Metalúrgica: Tudo à sua Volta

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia
(Organizadores)



Engenharia de Materiais e Metalúrgica: Tudo à sua Volta

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia
(Organizadores)



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Karine de Lima

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	<p>Engenharia de materiais e metalúrgica [recurso eletrônico] : tudo à sua volta / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, Ricardo Vinicius Bubna Biscaia, João Dallamuta. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-108-4 DOI 10.22533/at.ed.084201506</p> <p>1. Engenharia – Tecnologia. 2. Metalurgia. I. Holzmann, Ajuz. II. Biscaia, Ricardo Vinicius Bubna. III. Dallamuta, João. CDD 620.002854</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

Nos dias atuais, com uma escassez cada vez maior de matéria prima e energia, buscar novas formas de produção ecologicamente corretas é um diferencial ao setor industrial. Neste contexto as pesquisas nesta área veem crescendo e se tornando uma das grandes vertentes da engenharia de materiais, buscando-se a melhoria de materiais, aliando-se novos componentes e reutilizando materiais de descarte.

Neste e-book são explorados trabalhos teóricos e práticos, relacionados ao desenvolvimento de materiais, bem como a reutilização de subprodutos da construção civil, vislumbrando a uma melhoria tanto de novos materiais, como a um descarte inteligente e eficiente de resíduos. De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
UM ESTUDO DOS MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO DAS TURBINAS GERADORAS DE ENERGIA EÓLICA, NOS PARQUES EM PERNAMBUCO	
Kaio Moab de Oliveira Silva Joaci Galindo Veronica Alves Teixeira Vitor Bismark Ferreira de Macedo	
DOI 10.22533/at.ed.0842015061	
CAPÍTULO 2	8
INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DURANTE O PROCESSO DE LAMINAÇÃO TESTADA ATRAVÉS DE ENSAIO DE DUREZA E ENSAIO METALOGRÁFICO	
Gabrielle Schultz Braz Gabriel Inácio Pontin	
DOI 10.22533/at.ed.0842015062	
CAPÍTULO 3	21
ANÁLISE DAS JUNTAS SOLDADAS NA UNIÃO DA ESTRUTURA DO VEÍCULO BAJA SAE	
Henrique Ajuz Holzmann Victor Henrique Javara	
DOI 10.22533/at.ed.0842015063	
CAPÍTULO 4	33
ANÁLISE EXPERIMENTAL E ANALÍTICA DA INFLUÊNCIA DA RAZÃO W/D EM COMPÓSITO POLIMÉRICO DE POLIÉSTER REFORÇADO POR FIBRAS DE VIDRO/JUTA	
Raphael Siqueira Fontes Sérgio Renan Lopes Tinô Ana Cláudia de Melo Caldas Batista Eve Maria Freire de Aquino	
DOI 10.22533/at.ed.0842015064	
CAPÍTULO 5	48
EFEITOS DE PÓS CERÂMICOS ATIVOS NAS PROPRIEDADES DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS À BASE DE PVDF	
Eriton Rodrigo Botero Jaldair de Araújo e Nóbrega	
DOI 10.22533/at.ed.0842015065	
CAPÍTULO 6	62
SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA OBTIDAS VIA ROTAS QUÍMICA E ELETROQUÍMICA E SUA OTIMIZAÇÃO	
Arthur da Rocha Albertini Guilherme Frederico Bernardo Lenz e Silva Rodrigo Labat Marcos	
DOI 10.22533/at.ed.0842015066	
CAPÍTULO 7	80
TRANSFORMAÇÃO DE REJEITOS DE LAVAGEM DE BAUXITA DA AMAZÔNIA EM MATERIAL TIPO HIDROGROSSULAR (KATOITA) DE $\text{Ca}_3\text{Fe/Al}_2(\text{OH})_3$	
Renata de Sousa Nascimento Bruno Apolo Miranda Figueira	

CAPÍTULO 8 87

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO ATRAVÉS DA ADIÇÃO DE FIBRAS DO COCO BABAÇU

Márcio do Nascimento Silva

Deuzuíta dos Santos Freitas Viana

Lívia Racquel de Macêdo Reis

Wendel Melo Prudêncio de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.0842015068

CAPÍTULO 9 94

COMPARAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL DE CONCRETOS DE ALTA RESISTÊNCIA (CAR) COM INSERÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO (NTC) E CINZAS DE CASCA DE ARROZ (CCA)

Christa Korzenowski

Rosangel Rojas Agüero

Ronaldo Beraldin da Silva

Priscila Marques Correa

Luiz Carlos Pinto Silva Filho

DOI 10.22533/at.ed.0842015069

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 113

ÍNDICE REMISSIVO 114

ANÁLISE EXPERIMENTAL E ANALÍTICA DA INFLUÊNCIA DA RAZÃO W/D EM COMPÓSITO POLIMÉRICO DE POLIÉSTER REFORÇADO POR FIBRAS DE VIDRO/JUTA

Data de aceite: 05/06/2020

Raphael Siqueira Fontes

UFRN – Programa de Pós-graduação em Engenharia mecânica/PPGEM, Natal – RN/Brasil e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Parnamirim, RN, Brasil.

Sérgio Renan Lopes Tinô

UFRN Centro de Tecnologia, Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal – RN/Brasil, CEP: 59072-970 – PPGEM, PPGCEM e Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia de Goiás/IFG

Ana Claudia de Melo Caldas Batista

UFRN – Programa de Pós-graduação em Engenharia mecânica/PPGEM, Natal – RN/Brasil e UFERSA- Universidade Federal do Semi-Árido, Caraúbas -RN, Brazil.

Eve Maria Freire de Aquino

UFRN – Programa de Pós-graduação em Engenharia mecânica/PPGEM, Natal – RN/Brasil

RESUMO: A proposta deste trabalho é um estudo envolvendo a resposta mecânica, os modos da fratura, Resistência Residual e a aplicação de modelos de critérios de falha, em um laminado compósito híbrido de matriz polimérica utilizados corpos de provas

com e sem a presença de descontinuidade geométrica em sua seção longitudinal (com redução da seção transversal), sob a ação de tração uniaxial. Essa descontinuidade geométrica é caracterizada por furos centrais de diferentes diâmetros. O laminado compósito híbrido foi confeccionado pelo processo *hand Lay-up*, na forma de placa e composto por matriz poliéster orto-tereftálica reforçada com tecidos bidirecionais de fibras de juta e de fibras de vidro-E. A presença do furo central, independente do diâmetro, influiu de forma danosa, principalmente na resistência última à tração. Quanto ao módulo de elasticidade, por outro lado, a diferença encontrada entre os corpos de prova apresentou-se dentro da faixa da dispersão dos ensaios, mostrando estabilidade com relação à rigidez do laminado. Em relação à variação da razão w/D , as resistências residuais diminuíram a medida a mesma foi diminuindo, indicando a maior influência da concentração de tensão w/D igual a quatro, já para as distâncias características a_0 e d_0 , ambos os critérios PSC e ASC mostraram boa aproximação.

PALAVRAS-CHAVE: Compósitos Poliméricos Híbridos; Furo Central; Resistência Residual; Fratura; Critérios de falha.

ABSTRACT: The purpose of this work is a study involving the mechanical response, the fracture modes, Residual Strength and the application of failure criteria models, in a hybrid composite laminate of polymeric matrix used specimens with and without the presence of geometric discontinuity in its longitudinal section (with reduction of the cross section), under the action of uniaxial traction. This geometric discontinuity is characterized by central holes of different diameters. The hybrid composite laminate was made by the Hand Lay-up process, in the form of a plate and composed of an ortho-terephthalic polyester matrix reinforced with bidirectional fabrics of jute and E-glass fibers. The presence of the central hole, regardless of the diameter, had a damaging effect, especially on the ultimate tensile strength. As for the modulus of elasticity, on the other hand, the difference found between the specimens was within the dispersion range of the tests, showing stability in relation to the laminate stiffness. Regarding the variation of the w/D ratio, the residual resistances decreased as the measure decreased, indicating the greater influence of the w/D voltage concentration equal to four, for the characteristic distances a_0 and d_0 , both the PSC and ASC criteria showed good approaching.

KEYWORDS: Hybrid Polymeric Composites; Central Hole; Residual Resistance; Fracture; Failure criteria.

1 | INTRODUÇÃO

Os materiais compósitos vêm aumentando sua gama de aplicações devido à utilização do processo de hibridização, que consiste em, segundo Batista *et al.* (2016), em um processo utilizado para compensar a desvantagem de um constituinte indispensável, podendo adicionar um reforço adicional que forneça melhores propriedades mecânicas ou uma propriedade específica ao compósito a ser fabricado.

Aliado ao processo de hibridização destacam-se os problemas ambientais, que propõem o desenvolvimento de novos materiais compósitos com adição de um reforço biodegradável como, por exemplo, tais como fibras naturais como de baixo custo, sendo uma alternativa compatível com o ambiente quando comparado com as fibras sintéticas (Shahzad, 2011) e vem se tornando popular dia a dia devido à falta de recursos e crescente poluição ambiental (Rahman *et al.*, 2008). Rahmana *et al.* (2008) e Jawaid e Abdul Khalil (2011), em seus reviews, destacam a publicação de trabalhos de vários autores com fibra natural como reforço em compósitos híbridos utilizando resina termofixa.

As Fibras Naturais são encontradas na natureza e dividem-se em fibras de origem animal, vegetal e mineral. Dentre estas a Juta é uma fibra de caule e se destaca como a principal área de investigação, por apresentar a maior concentração

de celulose (Sabell Ahmed *et al.*, 2006) e, de acordo com Khan *et al.*, (2009) devido a algumas de suas propriedades como, por exemplo, baixa densidade, alto módulo de tração e baixo alongamento na ruptura, rigidez e resistência específicas comparáveis às da fibra de vidro.

Embora a fibra de Juta seja tradicionalmente utilizada na fabricação de embalagens e outros produtos diversificados, encontra-se disponível em abundância, pois esse seu uso artesanal consome apenas uma pequena parcela de sua produção. Vários trabalhos buscam melhorar a superfície da juta por meio de tratamento, exemplificando pode-se citar o trabalho de Rahman *et al.*, (2008), que utilizou a fibra de Juta como Reforço para estudar a influência de tratamentos na fibra de Juta nas propriedades mecânicas (ensaios de tração, flexão, impacto superficial, dureza e absorção de água); Khan *et al.*, (2009) realizou um estudo do tratamento da fibra de Juta, porém em um compósito híbrido, para as propriedades mecânicas tais como resistência à tração e flexão, módulo de tração e flexão, resistência ao impacto Charpy e temperatura de distorção de calor. Porém, a mesma também é utilizada in natura (Tinô *et al.*, 2014).

Além disso, muitas estruturas necessitam de mudanças ao longo de suas seções: eixos de rotação devem ter ressalto projetados sobre eles para que os rolamentos possam ser encaixados corretamente e assim suportar as cargas axiais; devem também ter rasgos de chaveta usinados para encaixar polias e engrenagens. Outros elementos necessitam de furos, ranhuras e entalhes de vários tipos.

Assim sendo, como nos materiais convencionais, nos materiais compósitos, a alteração brusca da seção de área de um elemento estrutural leva a um fenômeno denominado de concentração de tensão (Awerbuch e Madhukar, 1985, Shigley e Mischke, 2002; Aquino e Tinô, 2014).

Nesse sentido, a proposta desse trabalho é um estudo investigativo envolvendo a resposta mecânica (Resistência Última à Tração, Módulo de Elasticidade Longitudinal e Deformação de Ruptura), os modos (características) da fratura, a Resistência Residual e aplicações dos modelos de critérios de falha (PSC e ASC) em um Laminado Híbrido de matriz polimérica com presença de descontinuidades geométricas, furos centrais de diferentes diâmetros (6mm, 7,5mm e 9mm), em sua seção longitudinal, com largura constante, ou seja, variando a relação w/D , sob a ação do ensaio de tração uniaxial.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Laminado e corpos de prova:

Na elaboração do material proposto para estudo foram utilizados como matriz

a resina de poliéster insaturada orto-tereftálica NOVAPOL L120, como agente do sistema catalítico (cura a temperatura ambiente) foi usado o MEKP (metil-etil-cetona) catalisador utilizado em vasta escala na indústria de plásticos reforçados, e como reforço foram utilizados quatro camadas do tecido têxtil bidirecional de fibras de Juta “in natura” (gramatura: 306 g/m², obtido no comércio local e utilizado comumente em artesanato e sacarias) e uma camada do tecido têxtil bidirecional de fibras de vidro-E (gramatura: 600 g/m², fornecido pela Tecniplas Indústria e Comércio Ltda), a Fig. 1 mostra uma esquematização do laminado híbrido proposto, que teve sua fabricação pelo processo *hand lay-up* e apresentou uma espessura de 6,0 mm. A densidade volumétrica do laminado, obtida pela norma ASTM D792 (2008), 1.26±0.88 g/cm³, comprovando que o mesmo pode ter sua aplicação em estruturas leves.

Para confeccionar os corpos de provas (CP's) para realização do estudo a influência da variação do diâmetro de um furo central (relação w/D), nas propriedades mecânicas à tração do laminado híbrido foram utilizados as normas ASTM D3039 (2008) e ASTM D5766 (2011), os corpos de provas (CP's) estudados são: WH – CP's híbridos sem furo; H6 – CP's com furo de 6.0 mm e diâmetro; H7.5 – CP's com furo de 7.5 mm e diâmetro; e H9 – CP's com furo de 9,0 mm e diâmetro. Todos os CP's propostos apresentam o comprimento de 250mm e espessura de aproximadamente 6 mm, porém a largura do WH é de 25 mm, enquanto que as das demais amostras são de 36mm, seguindo as normas. Logo, apresentando as relações w/D de 6,0, 4,8 e 4,0, para os CP's H6, H7.5 e H9, respectivamente.

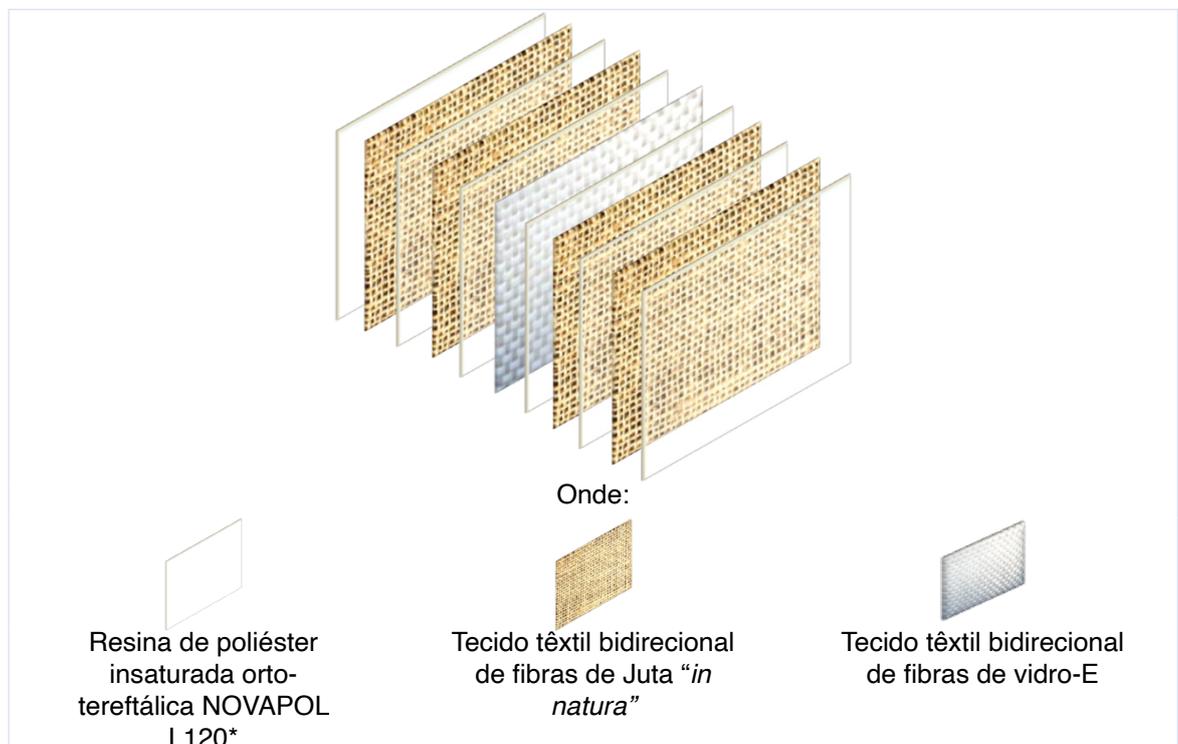


Figura 1. Configuração do Laminado Híbrido (LH).

* As camadas transparentes de resina são apenas para ilustração já que as mesmas são impregnadas diretamente nas camadas de reforço do laminado.

Para obter as dimensões, após o corte dos corpos de prova, foram realizados os procedimentos de lixamento e polimento nas faces cortadas pelo disco de corte. Para tanto, foram utilizadas lixas d'água de números 150, 220, 320, 400, 600 e 1200, e o polimento foi feito em uma politriz motorizada, utilizando como abrasivo a alumina de $0,01 \mu\text{m}$. Para realização dos furos foram utilizadas brocas helicoidais de aço rápido com os diâmetros de 6 mm, 7,5 mm e 9 mm. Destaca-se que como a largura dos CP's é constante, ao variar o furo, estamos variando a relação w/D .

Ensaio de tração uniaxial:

Para a determinação das propriedades mecânicas de resistência última, módulo de elasticidade longitudinal (determinado na direção de aplicação da carga) e deformação na ruptura, para os corpos de prova com e sem presença de descontinuidade geométrica, foram realizados os ensaios de tração uniaxial utilizando as normas ASTM D3039 (2008) e ASTM D5766 (2011).

Os ensaios foram realizados utilizando uma máquina de Ensaio Universal Mecânica (Shimadzu Autograph AGI-250 KN) com capacidade máxima de 250 kN, a uma velocidade de deslocamento de 1,0 mm/min, e foram realizados à temperatura ambiente ($25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2^\circ$). Os testes foram conduzidos a uma velocidade de deslocamento de 1,0 mm/min à temperatura ambiente.

Análise da Fratura:

A caracterização da fratura macroscópica foi realizada e fundamentada de acordo com as normas ASTM D3039 (2008) e ASTM D5766 (2011), na qual descreve e caracteriza todos os tipos de fraturas válidas. As imagens são obtidas por meio do sistema de scanner digital.

Propriedades Residuais: Critérios de Falha PSC e ASC:

A influência das perdas na resistência à tração e no módulo de Young nos laminados compósitos, devido à presença da descontinuidade geométrica, foi estudada através dos cálculos da Resistência Residual (RS) (Santos, 2012 e Tinô *et al.*, 2014) dos laminados compósitos, segundo a Eq. (1):

$$RS = \frac{\sigma_{Notched}}{\sigma_{Unnotched}} \quad (1)$$

Onde: $\sigma_{Notched}$ é definida como a resistência última à tração dos corpos de prova com furo (calculada na área de maior seção transversal, segundo a norma ASTM D5766, 2011); $\sigma_{Unnotched}$ corresponde à resistência última à tração dos corpos de prova sem o furo; $E_{Notched}$ e $E_{Unnotched}$ correspondem aos módulos de Young longitudinais (medidos na direção de aplicação da carga) dos corpos de prova com e sem furo, respectivamente.

Ao longo dos anos, alguns critérios vêm tentando prever a Resistência residual de compósitos com presença de furos circulares ou outra descontinuidade geométrica, dentre alguns critérios, destacam-se o Critério da Tensão Pontual (*Point-Stress Criterion* - PSC) e o Critério da Tensão Média (*Average-Stress Criterion* - ASC). Nesse estudo, o desafio se caracteriza na viabilidade do uso dessas teorias de falha nos laminados compósitos a base de tecidos híbridos.

O critério PSC assume que a falha deve ocorrer quando a tensão (σ_N) a uma certa distância pequena e próxima à vizinhança do furo d_o iguala ou ultrapassa o valor da resistência à tração do material σ_f (ou a resistência à tração da placa sem o furo, σ_{UN}). De acordo com Nuismer e Whitney (1975), a resistência residual pode ser expressa por:

$$RS_{PSC} = \frac{\sigma_N}{\sigma_{UN}} = \frac{2}{2 + \xi_l^2 + 3\xi_l^4 - (K-3)(5\xi_l^6 - 7\xi_l^8)} \quad (2)$$

Onde:

$$\xi_1 = R / (R + d_0) \quad (3)$$

R é definido como raio do furo e K o fator de concentração de tensão.

O critério ASC assume que a falha deve ocorrer quando a média da tensão (σ_N) ao longo de uma pequena distância fixa a_0 , à frente do limite do furo atinge primeiro a resistência à tração do material σ_f (ou a resistência à tração da placa sem o furo, σ_{UN}). De acordo com Nuismer e Whitney (1975), a resistência residual pode ser expressa por:

$$RS_{ASC} = \frac{\sigma_N}{\sigma_{UN}} = \frac{2(1 - \xi_2)}{2 - \xi_2^2 - \xi_2^4 + (K - 3)(\xi_2^6 - \xi_2^8)} \quad (4)$$

Onde:

$$\xi_2 = R / (R + a_0) \quad (5)$$

Aqui, R e K possuem as mesmas definições citadas no critério PSC.

Para um melhor entendimento das distâncias características d_0 e a_0 , um percentual de referência destas distâncias em relação à largura líquida da placa η (região onde ocorre a concentração de tensão) foi determinada. A largura líquida da placa η é definida pela Eq. (6) (Aquino e Tinô, 2012; Tinô *et al.*, 2014), onde W é a largura da maior seção da área dos CP's (36 mm) e R o raio do furo:

$$\eta = \frac{W}{2} - R \quad (6)$$

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Propriedades Mecânicas - Tração Uniaxial:

A caracterização mecânica do laminado híbrido, para as condições sem furo (WH) e com furo central de 6 mm, 7,5mm e 9mm (H6, H7,5 e H9, respectivamente), está representada na Fig. 2, pelo diagrama tensão x deformação, onde são expostas as cinco curvas válidas obtidas no ensaio de tração uniaxial e requeridas pela norma ASTM D3039 (2008), para cada condição proposta. Destaca-se que foi observado durante o ensaio que

todos os CP's apresentaram um comportamento "frágil" até a fratura.

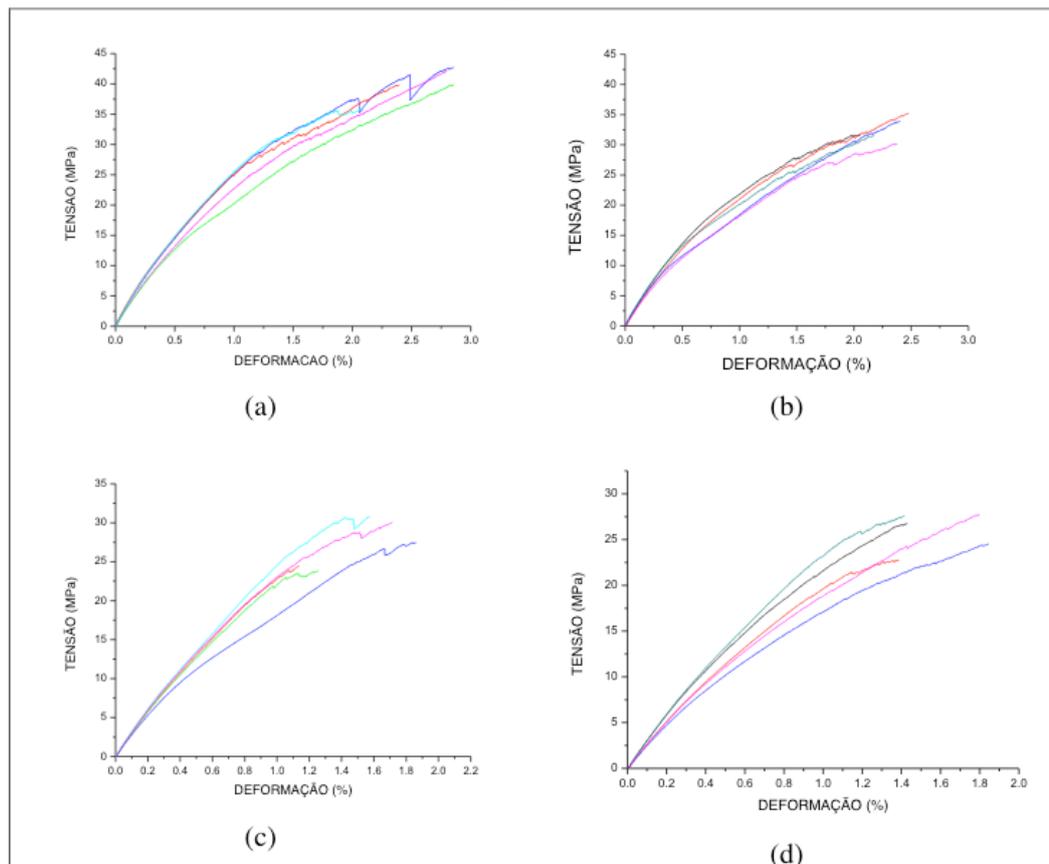


Figura 2: Diagrama tensão x deformação – Ensaio de tração uniaxial: (a) WH, (b) H6, (c)CH7,5 e (d)H9.

O WH, Fig. 2 (a), apresentou um comportamento que pode ser considerado linear entre a tensão e a deformação para uma faixa que se estende até aproximadamente 50% da tensão de ruptura. Essa característica é comum aos laminados compósitos à base de resina poliéster (termofixas) (Aquino *et al.*, 2007). Para os CP's com o furo central, Fig. 2 (b), (c) e (d), esse valor percentual é de aproximadamente de 30% da carga máxima. Fazendo uma análise do comportamento mecânico, percebe-se que para todas as condições, devido o início o processo de dano, gráfico alterou um pouco o comportamento, tendo o seu módulo diminuído.

A Tab. 1 mostra os valores médios obtidos para a Resistência Última à Tração, para o Módulo de Elasticidade Longitudinal e para a Deformação de Ruptura, bem como seus respectivos desvios padrão para todos os CP's em análise.

PROPRIEDADES MECÂNICAS	WH		H6		H7.5		H9	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Resistência Última à Tração (MPa)	40,1	±2,7	32,5	±2,0	27,3	±3,2	25,9	±2,1
Módulo de Young (GPa)	2,9	±0,2	2,7	±0,3	2,8	±0,2	2,5	±0,3
Deformação (%)	2,6	±0,3	2,3	±0,2	1,5	±0,3	1,6	±0,2

Tabela1: Propriedades mecânicas – WH, H6, H7.5 e H9 – Tração uniaxial.

* DP significa desvio padrão.

Comparação da Influência do Furo:

Buscando realizar uma avaliação da influência da variação do tamanho do furo (consequentemente também da variação w/D) para todos os corpos de prova, resultados estes relacionados com a resposta do laminado compósito frente ao carregamento de tração uniaxial (Fig. 3), percebe-se que, apesar de apresentarem diferentes valores de resistência última e deformação na fratura, o comportamento deles, em termos de módulo de elasticidade (determinado antes do início do dano), independentemente da presença e da dimensão do furo, praticamente não sofreu alteração. Já que, realizando uma análise dos valores de módulo de elasticidade longitudinal encontrados para todos os CP's encontram-se na mesma faixa de desvio padrão, podendo-se descartar as diferenças entre eles (observe a Tab. 1).

Ressalta-se ainda que as grandes perdas registradas nas resistências (principalmente para os furos de maior diâmetro) foram proporcionais as menores taxas de deformações na ruptura, fato este que, também, contribuiu para a manutenção da rigidez do laminado. A Fig. 4 mostra a influência de perda da resistência mecânica de acordo com a variação do tamanho do furo e a relação w/D .

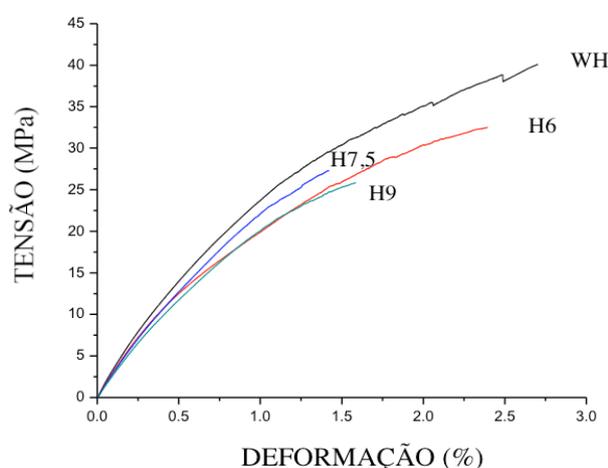


Figura 3: Gráfico tensão x deformação (curvas médias): WH, H6, H7,5 e H9.

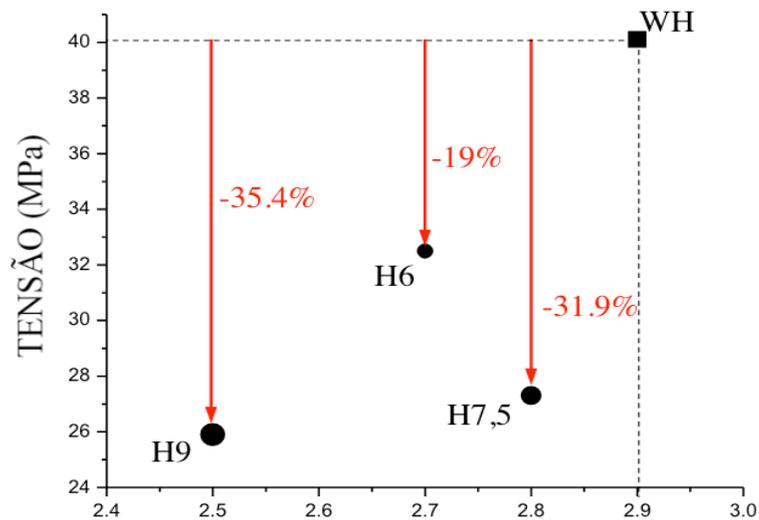


Figura 4: Comparativo da resistência Mecânica.

Para a resistência última à tração, ao se comparar o resultado obtido para os CP's H6 (Razão $w/D = 6$, razão normativa), percebe-se que a presença do furo, nesse caso, resultou em uma perda (-) de , aproximadamente, 19%. Esse valor é semelhante ao encontrado por Tinô *et al.*, 2014 ao analisar a influência de um furo idêntico em um laminado compósito de resina poliéster reforçado por tecidos bidirecionais de fibras de vidro-E. Nesse estudo, a perda na resistência apresentada por um furo central de 6,0 mm de diâmetro foi de 18%, aproximadamente.

Fazendo uma avaliação geral, comparando o resultado obtido para o H9 com os demais resultados obtidos, percebe-se, em termos de resistência última à tração, que os CP's H9 apresentaram perdas de 35.4 %, 20.3 % e 5.1 %, com relação aos CP's WH, H6 e H7.5. A diferença entre H9 e H7.5 é somente de 5,1 % e apresentou-se dentro da faixa de dispersão dos ensaios, podendo ser negligenciada. Pode-se concluir que à medida que o diâmetro do furo aumenta a resistência do material diminui, porém de forma menos intensa, mostrando que à medida que o furo aumenta, para o material proposto, existiu um alívio no efeito de concentração de tensão.

Análise da Fratura:

Procedendo à avaliação da análise macroscópica da fratura para os WH (Fig. 5), percebe-se a ocorrência de uma fratura, segundo a Norma ASTM D3039 (2008) do tipo LGM. Observa-se, também, a ocorrência de microfissuração transversal da matriz, bem como o rasgamento do tecido de fibras de vidro, dano característico em materiais compósitos poliméricos reforçados por tecidos de fibras sintéticas (Freire JR. e Aquino, 2002). Esse fenômeno é proveniente da desaderência fibra/matriz provocada pela propagação da microfissuração na interface. É importante lembrar

que esse rasgamento torna-se perceptível após a retirada dos corpos de prova das garras da máquina.



Figura 5: Característica de fratura final para os Corpos de prova WH - Detalhe da região de fratura final.

A Fig. 6, mostra a fratura macroscópica para os CP's com descontinuidade geométrica, para os H6, CH7.5 e H9 o modo de fratura normalizada do tipo LGM e a ruptura total das fibras de juta e o fenômeno do rasgamento na camada de fibras de vidro.

Os CP's apresentaram pouca fissuração na matriz e com uma fratura final extremamente localizada, a presença do furo desviou algumas microfissuras para sua direção, distorcendo-as da forma apresentada em regiões distantes do furo, onde as fissuras apresentam-se em linha reta, perpendiculares à carga aplicada.

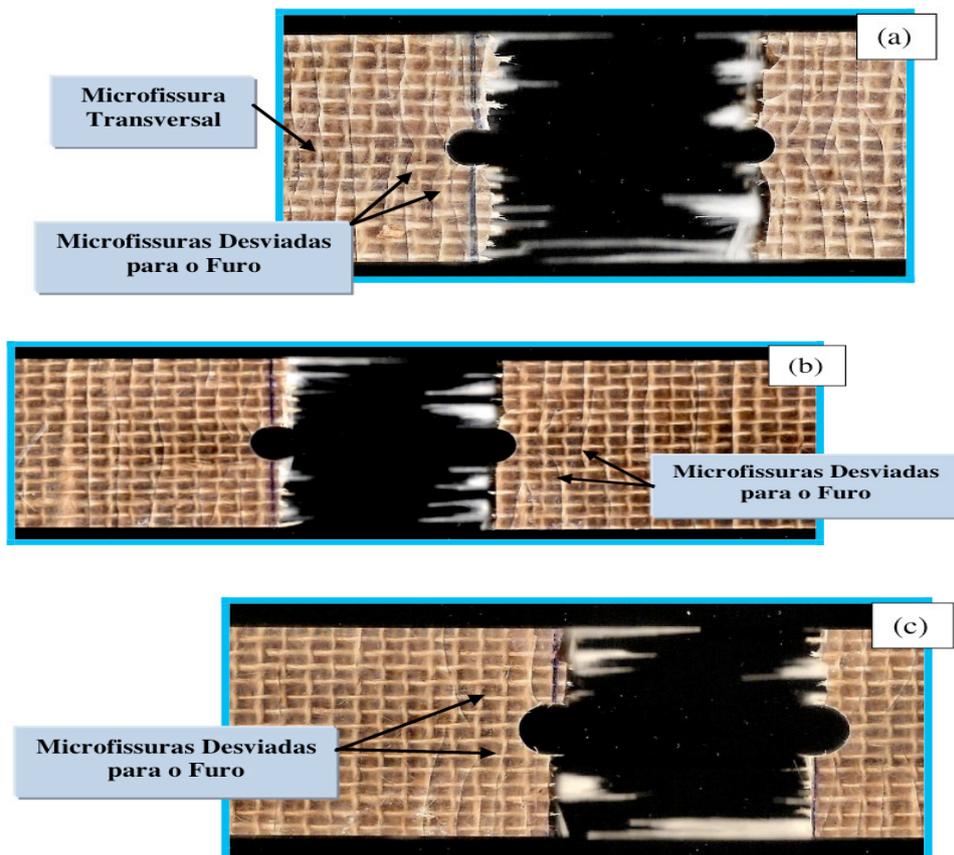


Figura 6: Característica de fratura final para os Corpos de prova: (a) H6, (b) H7,5 e (c) H9.

Propriedades Residuais - Teorias de Falha PSC e ASC:

Para a realização do estudo da influência da variação w/D no que diz respeito as distâncias características a_0 e d_0 é inicialmente calculado as Resistências residuais (RS) utilizando a equação (1) e o fator de concentração de tensão geométrico (K) (Shigley, 2012) e em seguida calculado as distâncias a_0 e d_0 utilizando as teorias ASC (Eq. (2)) e PSC (Eq. (3)). Para melhor entendimento dessas distâncias é colocado o η (%) que mostra o quanto do espaço está distância ocupa da região da concentração de tensão.

Configuração	Fator de Concentração de Tensão K	RS	PSC		ASC	
			d_0 (mm)	η (%)	a_0 (mm)	η (%)
H6/WH*	2,58	0,81	2,90	19,33	11,5	76,67
H7,5/WH	2,50	0,68	2,25	15,79	4,40	30,87
H9/WH	2,43	0,65	2,38	17,62	5,25	39,18

Tabela 2: Valores de d_0 e a_0 .

* Valores retirados da referência 8 em Tinô *et al.*, 2014 para o furo 6 mm.

Com esse resultado, pode-se afirmar que os CP's H6 retiveram 81,0% da resistência mecânica apresentada pelos CP's WH. Do mesmo modo, o resultado obtido encontra-se coerente com o encontrado por Tinô *et al.*, (2014). Nesse caso, para um laminado compósito de matriz poliéster reforçado por tecidos bidirecionais de fibras de vidro-E, com a presença de um furo de 6,0 mm de diâmetro, a Resistência Residual foi de 0,820.

Os CP's H7,5 retiveram 68% da resistência mecânica apresentada pelos WH. Ao se comparar os resultados obtidos pelos CP's H7,5 e H6, percebe-se que, com o aumento do diâmetro do furo, uma redução, em termos de Resistência Residual, de 15,9%.

Já os H9 retiveram 65% da resistência mecânica apresentada pelos CP's WH. Em comparação aos resultados obtidos por H6, observa-se uma redução na Resistência Residual por parte dos H9 de 20,2 %. Ao se analisar a RS dos H9 em comparação com H7,5, nota-se que a redução apresentada (5,1 %) encontra-se na margem de dispersão experimental.

No que diz respeito ao módulo residual, percebe-se valores entre 86 % e 96 % de retenção do módulo obtido nos WH. Como já citado em anteriormente a diferença obtidas nos módulos elásticos são inferiores estão dentro dos desvios padrões, logo os

mesmos podem-se considerar que não houve uma diferença significativa entre eles.

Diferentemente do que ocorreu em Tinô *et al.*, 2014, onde somente os valores das distancias características segundo o critério PSC tiveram boa aproximação quando usado o fator de concentração de tensão geométrico, aqui, o uso do fator de concentração apenas geométrico levou a uma boa aproximação das distâncias características (ver Tab. 2) para ambos os critérios PSC e ASC, relevando a influência direta da razão w/D nos mesmos.

4 | CONCLUSÕES

- De modo geral, o comportamento de todas as condições em estudo se apresentou de modo “frágil” até a fratura, ou seja, sem a presença do fenômeno do escoamento o qual é característico dos materiais de comportamento dúctil;

- Os desvios padrões apresentadas nos ensaios encontram-se numa faixa dentro da aceitável para os materiais compósitos, em especial, para os compósitos híbridos reforçados por fibras naturais e sintéticas;

- A presença do furo central, de qualquer dimensão, alterou negativamente a Resistência Última à Tração (19, 31,9 e 35,4 %, respectivamente para H6, H7,5 e H9);

- Quanto ao Módulo de Elasticidade, por outro lado, a diferença encontrada entre os corpos de prova apresentou-se dentro da faixa do desvio padrão dos ensaios;

- Na análise da Resistência Residual, foi comprovada a influência negativa do furo, porém, a diferença entre os corpos de prova H7,5 e H9 apresentou-se dentro da margem de dispersão dos ensaios;

- Quanto ao comportamento à fratura dos laminados, todos, de uma forma geral, apresentaram fratura final normatizada do tipo LGM. Além disso, apresentaram a presença do “rasgamento” e pouca fissuração na matriz. Nos corpos de prova com furo central, as microfissuras transversais foram distorcidas para a vizinhança do furo. Esse fenômeno ficou mais evidente conforme a dimensão do furo foi aumentada.

- Com relação à aplicação do fator geométrico k para a determinação das distâncias características a_0 e d_0 , tanto o critério PSC como o ASC apresentaram boa aproximação, exceto para o H6 no qual apenas o critério PSC mostrou-se coerente, ratificando assim, a influência direta da razão w/D no comportamento do compósito híbrido em presença de concentração de tensão.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao suporte financeiro (bolsas) proveniente do CNPq.

REFERÊNCIAS

- Aquino, EMF; Sarmento, LPS.; Oliveira, W; Silva, RV. Moisture effect on Degradation of Jute/Glass Hybrid Composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, Thousand Oaks, v. 26, n. 2, p. 219-233, 2007.
- Aquino EMF, Tinô SRL. Notched GFRP: anisotropy, residual strength, and fracture characteristics. *J Reinf Plast Compos* 2012; 31: 29–40.
- ASTM D3039. Standard Test Methods for Tensile Properties of Polymer Matrix Composites. 2008.
- ASTM D5766. Standard Test Method for Open-Hole Tensile Strength of Polymer Matrix Composite Laminates. 2011.
- ASTM D 792. Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement. 2008.
- Awerbuch J, Madhukar MS. Notched strength of composite laminates: Predictions and experiments – A review, *J Reinf Plast Compos* 1985; 159.
- Batista, ACM, Oliveira JFS, Aquino EMF. Structural Degradation and Mechanical Fracture of Hybrid Fabric Reinforced Composites. *Polym Eng Sci* 2016: 56:657–668.
- Jawaid M, Abdul Khalil HPS. Cellulosic/synthetic fibre reinforced polymer hybrid composites: A review. *Carbohydrate Polymers* 2011; 86: 1 - 18.
- Khan MA; Ganster J; Fink H-P. Hybrid composites of jute and man-made cellulose fibers with polypropylene by injection moulding. *Compos Part A* 2009; 40: 846–851.
- Nuismer RJ, Whitney JM. Uniaxial Failure of Composite Laminates Containing Stress Concentration. In: *Fracture Mechanics of Composites*, ASTM STP 593 - American Society of testing and materials, 1975: 117-142.
- Rahman Md. R; Huque Md. M; Islam Md.N, Hasan M. Improvement of physico-mechanical properties of jute fiber reinforced polypropylene composites by post-treatment. *Compos Part A* 39 2008: 1739–1747.
- Rezaur Rahmana MD, Monimul Huque MD, Nazrul Islam MD, Mahbub Hasan. Improvement of physico-mechanical properties of jute fiber reinforced polypropylene composites by post-treatment. *Compos Part A* 2008: 39: 1739–1747.
- Shahzad A. Hemp fiber and its composites – a review. *J Compos Mater* 2011: 46(8) 973–986.
- Sabell Ahmed K, Vijayarangan S, Chhaya Rajput. Mechanical Behavior of Isothalic Polyester-based Untreated Woven Jute and Glass Fabric Hybrid Composites. *J Reinf Plast Compos* 2006:25(15):1549-1569.
- Santos CC. Propriedades Mecânicas Residuais após Incêndio de Betões Normais. doctoral thesis, Faculdade de Ciências e Tecnologia-Universidade de Coimbra, Coimbra-Portugal, 235p, 2012.

Shigley JE, Mischke CR. Mechanical Engineering Design, In: McGraw-Hill Inc, editor. 5th ed, USA, 2002.

Tinô SRL, Fontes RS, Aquino EMF. Theories of failure average stress criterion and point stress criterion in notched fiber-reinforced plastic. J Compos Mater 2014; 48(21) 2669–2676.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço 3, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 31, 37, 93
Aerogeradores 1, 3, 4, 6
Amazônia 8, 80

B

Baja 8, 21, 22, 23, 24, 25, 31, 32
Bauxita 8, 80, 81, 82, 83, 85

C

Chapas 8, 9, 10, 15, 17, 18, 19
Coco babaçu 9, 87, 89, 92, 93
Compósitos 8, 33, 34, 35, 38, 40, 42, 45, 48, 49, 50, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 71, 87, 88, 89, 92, 108, 109
Compósitos Poliméricos Híbridos 33
Concreto 9, 3, 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 99, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112
Critérios de falha 33, 35

E

energia 7, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 29, 67, 69, 88, 91
Energia 6, 7, 20, 71
ENERGIA 8, 1
Ensaio 8, 9, 11, 15, 19, 20, 21, 23, 24, 26, 27, 30, 31, 33, 35, 37, 42, 45, 72, 73, 74, 75, 77, 94, 96, 97, 98, 99, 102, 104, 109
Ensaio Mecânico 19, 21, 24
Eólica 8, 1, 2, 3, 4, 5, 7

F

Ferroelétricos 48, 49, 55, 59
Fibras 8, 9, 33, 34, 36, 37, 42, 43, 44, 45, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93
Fratura 33, 35, 38, 40, 41, 42, 43, 45
Furo Central 33, 36, 39, 40, 42, 45

G

Gaiola 21, 22, 23

K

katoita 8, 80, 81, 82, 83, 84, 85

P

Parques 8, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Propriedades 8, 9, 8, 9, 15, 19, 20, 21, 24, 25, 30, 31, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 44, 46, 48, 49, 51, 54, 56, 59, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 95, 96, 99, 102, 108, 110

PVDF 8, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61

R

Rejeitos 8, 80, 81, 82

Resistência 9, 6, 19, 24, 28, 33, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 48, 68, 72, 87, 88, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 106, 107, 108, 109, 110

Resistência Residual 33, 35, 38, 39, 44, 45

S

SAE 8, 9, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 31, 32

Soldagem 21, 23, 26, 28, 29, 31, 32, 113

V

Ventos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Z

ZTA 21, 24, 28, 29, 30

 **Atena**
Editora

2 0 2 0