

**Cleberton Correia Santos  
(Organizador)**

**Estudos Interdisciplinares  
nas Ciências e da Terra  
e Engenharias 3**

---

Cleberton Correia Santos  
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências  
Exatas e da Terra e Engenharias 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 3 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 3)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-642-3 DOI 10.22533/at.ed.423192309</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

O livro “Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 3º volume 37 capítulos relacionados temáticas de área multidisciplinar associadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS REFORÇADOS COM FIBRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR	
Paula Consoli Ireno Franco Mary Leiva Faria Ana Paula Bilck	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
ACESSIBILIDADE AO LABORATÓRIO DIDÁTICO DE BIOLOGIA, MICROSCOPIA E ANÁLISES CLÍNICAS DA UEZO POR PESSOAS EM CADEIRA DE RODAS	
Tiago Alexandre Silva Nascimento Gabriella Oliveira Alves Moreira De Carvalho Thiago Manchester De Mello Fabio Da Silva De Azevedo Fortes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
ANÁLISE DA ESTABILIDADE DAS ESCAVAÇÕES NO PEGMATITO ALTO DA SERRA BRANCA	
Marinésio Pinheiro de Lima Robson Ribeiro Lima Francisco Wilson Hollanda Vidal	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>33</b>
ELABORAÇÃO DE MODELO COMPUTACIONAL PARA O ESTUDO DE VIBRAÇÕES LIVRES EM UMA PONTE DE CONCRETO ARMADO	
Arlindo Pires Lopes Esterfeny Guedes Pires Larissa Lázara Mesquita Cavalcante Matheus Pereira da Silva Mayk Oris Guerreiro Stefanny di Samuel da Costa Tiago de Souza Seixas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>45</b>
ANÁLISE SENSORIAL: TESTES DISCRIMINATIVOS, DESCRITIVOS E AFETIVOS	
Antônio das Graças Amaral Neto Elisa Norberto Ferreira Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103095</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>57</b>
APLICAÇÃO DE JOGOS E GAMIFICAÇÃO NO ENSINO-APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS BÁSICOS DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL	
José Ribamar Azevedo dos Santos João Roberto Ursino da Cruz Marcos Paulo Santos Cardoso	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103096</b>	

**CAPÍTULO 7 ..... 70**

ASPECTOS ECONÔMICOS DA LAVRA INTEGRAL DO PEGMATITO ALTO DA SERRA BRANCA

Marinésio Pinheiro de Lima  
Júlio Cezar de Souza  
Francisco Wilson Hollanda Vidal

**DOI 10.22533/at.ed.71619103097**

**CAPÍTULO 8 ..... 78**

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM RELAÇÃO A CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO INALÁVEL NA CIDADE DE CAMBORIÚ, SC

Beatriz Faga  
Joeci Ricardo Godoi  
Viviane Furtado Velho  
Letícia Flohr

**DOI 10.22533/at.ed.71619103098**

**CAPÍTULO 9 ..... 90**

DESENVOLVENDO BIOMATERIAIS DE HIDROXIAPATITA RECOBERTA COM NANOPARTÍCULAS DE PRATA (AgNPs) PARA APLICAÇÃO EM DEFEITOS CRÍTICOS ÓSSEOS

Ingrid Russoni de Lima  
Gabrielle Cristine Lemos Duarte Freitas  
Elaine Cristina Lopes Pereira  
Lucas Furtado Loesh  
Fernanda A. Sampaio da Silva  
Heleno Souza da Silva  
Renata Antoum Simão  
José Adilson de Castro  
Gláucio Soares Fonseca

**DOI 10.22533/at.ed.71619103099**

**CAPÍTULO 10 ..... 102**

AVALIAÇÃO DO PRÉ-TRATAMENTO DO INOCULANTE E DA COMBINAÇÃO DE SUBSTRATOS SOBRE A PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO A PARTIR DE GLICEROL BRUTO, DEJETOS SUÍNOS E GLICOSE

Fidel Alejandro Aguilar Aguilar  
Ronnie Von Dos Santos Veloso  
Luis Fernando Santis Espinosa  
Lilian de Araújo Pantoja  
Alexandre Soares dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.716191030910**

**CAPÍTULO 11 ..... 114**

CAPTURE DE CARBONO VOLÁTIL DO PROCESSO DE BIORREMEDIAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

Odete Gonçalves  
Paulo Fernando de Almeida  
Cristina Maria A. L. T. M. H. Quintella  
Ana Maria Álvares Tavares da Mata

**DOI 10.22533/at.ed.716191030911**

**CAPÍTULO 12 ..... 129**

CARBETO DE BORO (B<sub>4</sub>C): REVISÃO acadêmica ACERCA DAS PROPRIEDADES E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

Eduardo Braga Costa Santos  
Denise Dantas Muniz  
Eliandro Pereira Teles  
Danielle Guedes de Lima Cavalcante  
Ricardo Alves da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.716191030912**

**CAPÍTULO 13 ..... 141**

CLIMATOLOGIA DA REGIÃO OESTE DO PARÁ - CENTRO DA AMAZÔNIA - E IMPACTO DOS TRÊS ÚLTIMOS EVENTOS DE SECAS SEVERAS NA TEMPERATURA DO AR E PRECIPITAÇÃO

Gabriel Brito Costa  
Waldeir dos Santos Pereira  
Mayara Barbosa Lima  
Juliane da Silva Sampaio  
Ana Caroline da Silva Macambira  
Letícia Victória Santos Matias  
Duany Thainara Corrêa da Silva  
Natan Barbosa Almada  
Rogério Favacho da Cruz  
Jéssica Aline Godinho da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.716191030913**

**CAPÍTULO 14 ..... 153**

DESIGN DE ENUNCIADOS COM O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS SOB O ENFOQUE DA (RE) FORMULAÇÃO DE PROBLEMAS

Fabiane Fischer Figueiredo  
Claudia Lisete Oliveira Groenwald

**DOI 10.22533/at.ed.716191030914**

**CAPÍTULO 15 ..... 164**

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO TOTAL E BIOACESSÍVEL *in vitro* DE CÁLCIO EM DIFERENTES TIPOS DE LEITE POR FOTOMETRIA DE CHAMA

Ani Caroline Weber  
Luiz Ricardo Mallmann Oliveira  
Sabrina Grando Cordeiro  
Eniz Conceição Oliveira  
Eduardo Miranda Ethur  
Lucélia Hoehne

**DOI 10.22533/at.ed.716191030915**

**CAPÍTULO 16 ..... 175**

ESPAÇO ARTE\_ON: PLATAFORMA ON-LINE PARA EXPOSIÇÕES ARTÍSTICAS DOS DISCENTES DO ENSINO MÉDIO DO IFC-CAS

Leonardo Cristovam de Jesus  
Lucas Pereira Elias  
Marcos Henrique de Moraes Golinelli  
Tereza Cristina Benevenuto Lautério

**DOI 10.22533/at.ed.716191030916**

**CAPÍTULO 17 ..... 188**

ESTRATÉGIAS FOCADAS NO ENSINO DE LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA BRASILEIRA

Deborah Godoy Martins Corrêa  
Tiago de Oliveira  
Denise Stringhini

**DOI 10.22533/at.ed.716191030917**

**CAPÍTULO 18 ..... 201**

ESTUDO DA FRAÇÃO ÁCIDA DO ÓLEO DE COPAÍBA

Carlos Vinícius Machado Miranda  
Railda Neyva Moreira Araújo Cabral  
Luely Oliveira da Silva  
Giselle Maria Skelding Pinheiro Guilhon  
Marivaldo José Costa Corrêa  
Eloisa Helena de Aguiar Andrade  
Manoel Leão Lopes Junior  
Lourivaldo Silva Santos

**DOI 10.22533/at.ed.716191030918**

**CAPÍTULO 19 ..... 209**

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DO REAPROVEITAMENTO DO ESTÉRIL DE ROCHAS ORNAMENTAIS COMO AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

Weverton Pereira do Sacramento  
Maria de Lourdes de Oliveira  
Luana Leite Ferreira  
Robson Wotikowski Guedes

**DOI 10.22533/at.ed.716191030919**

**CAPÍTULO 20 ..... 218**

EXPLORANDO CONCEITOS GEOMÉTRICOS NA EDUCAÇÃO INFANTIL

Leila Pessôa Da Costa  
Sandra Regina D'Antonio Verrengia

**DOI 10.22533/at.ed.716191030920**

**CAPÍTULO 21 ..... 226**

GESTÃO DE INFORMAÇÕES CLÍNICAS DE ANIMAIS DE GRANDE PORTE: UMA PROPOSTA DE SOLUÇÃO BASEADA EM COMUNIDADE DE PRÁTICA

Gersica Agripino Alencar  
Rafael Santos Barbosa  
Ricardo André Cavalcante de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.716191030921**

**CAPÍTULO 22 ..... 239**

GRUPOS DE HOMOLOGIA SIMPLICIAL

Wendy Díaz Valdés  
Lígia Laís Fêmina  
Gisele Andrade Lemos  
Jorge Vicente Barbosa Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.716191030922**

**CAPÍTULO 23 ..... 246**

LAMINADOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADOS COM FIOS DE JUTA NA FORMA DE TECIDO E ORIENTADOS A 0°, 45° E 90°

José Emílio Medeiros dos Santos  
Douglas Santos Silva  
Igor dos Santos Gomes  
Maurício Maia Ribeiro  
Roberto Tetsuo Fujiyama

**DOI 10.22533/at.ed.716191030923**

**CAPÍTULO 24 ..... 263**

*MAGONIA PUBESCENS* A.ST.-HIL: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Ana Mayra Pereira da Silva  
Amanda Ribeiro Correa  
Cárita Rodrigues de Aquino Arantes  
Rosiane Alexandre Pena Guimarães  
Monica Franco Nunes  
Dielle Carmo de Carvalho Neres  
Elisangela Clarete Camili  
Carla Spiller

**DOI 10.22533/at.ed.716191030924**

**CAPÍTULO 25 ..... 270**

O CURSO DE PRÉ-CÁLCULO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA NO ENSINO SUPERIOR

Erasmus Tales Fonseca  
Leandro Teles Antunes dos Santos  
Patrícia Milagre de Freitas  
Dayane Andrade Queiroz

**DOI 10.22533/at.ed.716191030925**

**CAPÍTULO 26 ..... 279**

OS DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM REDE NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0

Dafne Fonseca Alarcon  
Luziana Quadros da Rosa  
Robson Santos da Silva  
Felipe de Matos Müller  
Márcio Vieira de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.716191030926**

**CAPÍTULO 27 ..... 294**

PRÁTICAS DE ENSINO DE MATEMÁTICA COM VISTAS À EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO CONTEXTO DA TRANSVERSALIDADE

Daniana de Costa  
Edilson Pontarolo

**DOI 10.22533/at.ed.716191030927**

**CAPÍTULO 28 ..... 304**

RESULTADOS PRELIMINARES DA UTILIZAÇÃO DO WRF NO INPE/EUSÉBIO - UM ESTUDO DE CASO

Vanessa de Almeida Dantas  
Vicente de Paulo Silva  
Adilson Gandu

**DOI 10.22533/at.ed.716191030928**

<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>313</b>
A MODELAGEM MATEMÁTICA NA PRODUÇÃO DE MILHO INFLUENCIADO PELA SUCESSÃO DE CULTURAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA	
Lilian Fátima Ancerowicz	
Rubia Diana Mantai	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030929</b>	
<b>CAPÍTULO 30</b> .....	<b>326</b>
SISTEMA PARA PREVENÇÃO DE QUEDAS E PENSAMENTO DO PASSAGEIRO NA PORTA DO TRANSPORTE COLETIVO BASEADO NA PLATAFORMA ARDUINO	
Lucas Goiabeira Farias	
Francisco da Conceição Silva	
Wellington Luis Mineiro França	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030930</b>	
<b>CAPÍTULO 31</b> .....	<b>332</b>
TEATRO E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA: ANÁLISE DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO DE FRAÇÕES	
Fabiana Geresa Leindeker da Silva	
Jenifer Cassandra da Silva Oliveira	
Bruno Ferreira da Luz	
Tamires Bon Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030931</b>	
<b>CAPÍTULO 32</b> .....	<b>342</b>
UM ESTUDO SOBRE O DESEMPENHO DE VIRTUALIZAÇÃO NOS HYPERVISORS VMWARE E KVM	
Lúcio Flávio de Jesus Silva	
Marco Antônio Castro Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030932</b>	
<b>CAPÍTULO 33</b> .....	<b>349</b>
CONTRIBUIÇÃO DO PIBID/QUÍMICA NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS (EJA): UM RELATO DE EXPERIÊNCIA NO MUNICÍPIO DE COARI-AMAZONAS	
Klenicy Kazumy de Lima Yamaguchi	
Cristiana Nunes Rodrigues	
Carlos Victor Lamarão	
Maria Aparecida Silva Furtado	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030933</b>	
<b>CAPÍTULO 34</b> .....	<b>358</b>
OCORRÊNCIA DE PARALISIA FACIAL PERIFÉRICA E CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NA CIDADE DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP: ANÁLISE DE CASOS ATENDIDOS EM UMA CLÍNICA/ESCOLA NO PERÍODO DE 2012 A 2014	
Marcos Barros de Souza	
Daiane de Oliveira Portella	
Miriam Rodrigues Silvestre	
Lúcia Martins Barbatto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030934</b>	

<b>CAPÍTULO 35</b> .....	<b>368</b>
APLICAÇÃO DE SISTEMAS LINEARES EM CIRCUITOS ELÉTRICOS DE CORRENTE CONTÍNUA	
Robson Cabral Severo	
Leonardo Vale de Araujo	
Rafael The Bonifácio de Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030935</b>	
<b>CAPÍTULO 36</b> .....	<b>378</b>
DIAGNÓSTICO SOBRE OS CONDICIONANTES GEOLÓGICOS E AS FALHAS QUE OCASIONARAM OS DESABAMENTOS NA CICLOVIA TIM MAIA	
Vinicius da Silva Freitas	
Rafael Alves da Rocha	
Marcelo Augusto da Silva Cunha	
Bruno Matos de Faria	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030936</b>	
<b>CAPÍTULO 37</b> .....	<b>388</b>
RECICLAGEM DE VIDRO DE PARA-BRISAS PARA PRODUÇÃO DE VITROCERÂMICA COM 15% DE ÓXIDO DE NIÓBIO	
Hiasmim Rohem Gualberto	
Iury Almeida Moraes	
Mônica Calixto de Andrade	
Edgard Poiate Junior	
Fernanda Arruda Nogueira Gomes da Silva	
Isis Andrea Venturini Pola Poiate	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030937</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>401</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>402</b>

## LAMINADOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADOS COM FIOS DE JUTA NA FORMA DE TECIDO E ORIENTADOS A 0°, 45° E 90°

### **José Emílio Medeiros dos Santos**

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial (PPGEI)

Belém – Pará

### **Douglas Santos Silva**

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM)

Belém – Pará

### **Igor dos Santos Gomes**

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM)

Belém – Pará

### **Maurício Maia Ribeiro**

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia (PRODERNA)

Belém – Pará

### **Roberto Tetsuo Fujiyama**

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia (PRODERNA), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM) e Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM)

Belém – Pará

**RESUMO:** As fibras vegetais têm sido estudadas como alternativa na substituição de fibras sintéticas, pois além de serem de fontes renováveis, baixo consumo e abundantes na natureza, são de fácil trabalhabilidade. A

literatura propõe que compósitos poliméricos reforçados por fibras contínuas, alinhadas e unidirecionais possuem as melhores propriedades mecânicas. Neste contexto, esta pesquisa apresenta laminados de materiais compósitos de matriz poliéster reforçados por fios de juta com arranjos, distribuição e orientação em que as fibras sintéticas geralmente têm bom desempenho. As configurações dos laminados nos compósitos foram 0°/0°/0°, 0°/45°/0°, 0°/90°/0° e 0°/Tecido/0°. As lâminas com 0° e 45° foram produzidas manualmente, enquanto que a do tecido foi fornecida pelo fabricante. A fabricação dos compósitos foi feita através da técnica de laminação manual (*hand-layup*). Corpos de prova foram produzidos segundo a norma ASTM D3039, para ensaio de tração e avaliação de propriedades como força máxima, deslocamento correspondente à força máxima, limite de resistência à tração e módulo de elasticidade. O compósito que apresentou maior resistência à tração foi o laminado na configuração 0°/0°/0°, com 69 MPa, seguido do laminado 0°/Tecido/0°, com 52,42 MPa, seguido do 0°/45°/0°, com 47,17 MPa e 0°/90°/0°, com 43,31 MPa. Além da avaliação das propriedades mecânicas, também foram avaliados os mecanismos de fratura dos corpos de prova após o ensaio de tração.

**PALAVRAS-CHAVE:** Compósitos poliméricos; fibras vegetais; propriedades mecânicas;

## POLYESTER MATRIX LAMINATES REINFORCED WITH JUTE THREAD AS FABRIC AND ORIENTED AT 0°, 45° AND 90°

**ABSTRACT:** Natural fibres have been studied as an alternative to synthetic fibres. Natural fibres are usually from renewable sources, abundant in nature and they are easy to work with. Current literature suggests that continuous fibre reinforced polyester composites unidirectionally aligned have the strongest mechanical properties. This study presents composite laminate materials of polyester matrix reinforced with jute thread. The natural fibre in the laminates used in this study were arranged, distributed and oriented in the same way as synthetic fibres would be arranged in laminates to achieve their strongest mechanical properties. The configurations of the laminates in the composites were 0°/0°/0°, 0°/45°/0°, 0°/90°/0° and 0°/fabric/0°. The 0° and 45° layers were produced manually, while the manufacturer supplied the fabric. The composites were produced using hand-layup technique. The samples used in this study were produced according to ASTM3039 specifications. The samples were subjected to a tensile test to investigate their mechanical properties, such as maximum strength, displacement corresponding to maximum strength, tensile strength and modulus of elasticity. Test results showed the composite material with laminate configuration 0°/0°/0° had the highest tensile strength, 69 MPa. The laminate with 0°/fabric/0° configuration had tensile strength of 52,42 MPa, the one with 0°/45°/0° configuration had tensile strength of 47,17 MPa and the laminate with 0°/90°/0° configuration had the lower tensile strength, 43,31 MPa. In addition to the mechanical properties analysis the samples were analysed for the fracture mechanics behaviour after the tensile test.

**KEYWORDS:** Polymer composites; natural fibres; material mechanical properties; hand-layup lamination

### 1 | INTRODUÇÃO

A busca por novos materiais, que possibilitem a sustentabilidade da Região Amazônica, tem motivado as pesquisas e aumentado a importância da utilização das fibras vegetais como elementos de carga e/ou reforços em compósitos de matriz polimérica. Estas fibras são provenientes de fontes renováveis, biodegradáveis, apresentam baixo custo, baixa densidade e abrasividade, além de propriedades mecânicas com potencial à substituição das fibras sintéticas utilizadas na construção civil, na indústria automobilística e aeronáutica. (BAVAN; KUMAR, 2010; VAISANEN, DAS, TOMPPO, 2017; SANTOS; SILVA; CASTRO, 2017)

Recursos naturais renováveis têm sido usados na fabricação de compósitos, sejam de matrizes que podem ser recicladas (termoplásticas), como de matrizes não recicláveis (termorrígidas), uma vez que o reforço destes com fibras naturais está

associado à nova lógica do desenvolvimento sustentável e potencializa a produção de materiais ambientalmente corretos (ALVES et. al., 2010; RODRIGUES; SOUZA; FUJIYAMA, 2015; DAKHAL et al., 2017).

As propriedades dos compósitos estão diretamente associadas às propriedades dos seus elementos constituintes, isto é, da fase contínua (matriz) e da fase dispersa (reforço), bem como das frações volumétricas, interface e adesão reforço/matriz, disposição das camadas e orientação, geometria do filamento, como forma e tamanho (MARINUCCI, 2011; HILLIG et al., 2011). As fibras naturais de origem vegetal mais recentemente utilizadas em aplicações de compósitos provêm do caule e da folha. Dentre estas, podem ser citadas o linho, cânhamo, juta, sisal, kenaf, coco, sumaúma, banana e muitas outras (SANJAY, ARPITHA, YOGESHA, 2015). Alguns destes materiais já foram adotados, por exemplo, pelas indústrias automotiva e aeroespacial (HO et al., 2012; SATHISHKUMAR, NAVANEETHAKRISHNAN, SHANKAR, 2012).

Das fibras vegetais, destaca-se a fibra de juta (*Corchorus capsularis*), que possui muitas vantagens, como baixo custo, ecológicas, propriedades mecânicas moderadas, o que as torna melhores alternativas de fibras sintéticas em muitas aplicações (HOSSAIN et al., 2013). Como reforço em compósitos, a juta também pode ser usada na forma de tecido, cujos fios são formados por microfibras. Cavalcante (2008) observou que, independentemente do tipo de matriz e do diâmetro do fio utilizado, as torceduras nos fios de juta podem provocar aumento na carga e tensão de ruptura do compósito, além da deformação; há, porém, diminuição nos valores do módulo de elasticidade.

Em compósitos de matriz epóxi e reforço com fios de juta na forma de tecido, Pires et al. (2012), por exemplo, realizou ensaio de tração em conformidade com a norma da *American Society for Testing and Materials* (ASTM D3039), verificando a influência da fração volumétrica, uma que com 30% de foi obtido limite de resistência à tração de 71,07 MPa e módulo de elasticidade de 0,93 GPa para o compósito. Esta influência associada à orientação da fibra foi conferida posteriormente por Dhakal (2013).

Veiga (2014) desenvolveu compósitos de matriz poliéster e mostrou a influência de camadas de tecido de juta nas orientações de 0°, 45° e 90°, empilhadas nas configurações [0°,45°,0°] e [0°,90°,0°], de forma simétrica, em seis camadas. As propriedades obtidas no ensaio de tração realizado em conformidade com a norma ASTM D3039, mostram que os laminados na configuração [0°,90°,0°] apresentaram maior limite de resistência à tração, 36,5 MPa, em comparação ao laminados na configuração [0°,45°,0°], 33,9 MPa, devido no primeiro os fios de juta estarem dispostos na direção preferencial ao sentido de aplicação da força.

Silva (2014), em compósito de matriz polimérica ortoftálica reforçados com fibras de juta, contínuas e alinhadas, in natura e sem tratamento químico, proporções de 0%, 10%, 20% e 30% em volume de fibras, obteve limites de resistência à tração

de 31,26 MPa, 62,49 MPa, 68,80 MPa e 56,58 MPa, para de 0%, 10%, 20% e 30%, respectivamente. Os módulos de elasticidade encontrados foram de 0,45 GPa, 0,98 GPa, 0,80 GPa e 0,61 GPa para 0%, 10%, 20% e 30%, respectivamente. Tais valores revelam o aumento da resistência à tração com o aumento do teor de fibras alinhadas.

Neste contexto, portanto, vê-se que a literatura propõe que compósitos poliméricos reforçados por fibras contínuas, alinhadas e unidirecionais possuem as melhores propriedades mecânicas. Assim, esta pesquisa apresenta laminados de materiais compósitos de matriz poliéster reforçados por fios de juta nas configurações  $0^\circ/0^\circ/0^\circ$ ,  $0^\circ/45^\circ/0^\circ$ ,  $0^\circ/90^\circ/0^\circ$  e  $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$ , utilizando a norma ASTM D3039 para ensaio de tração, de modo a avaliar a influência das orientações nas propriedades mecânicas.

## 2 | MATERIAIS

Ao longo do desenvolvimento do trabalho utilizou-se a resina de poliéster tereftálica insaturada e pré-acelerada, fabricada pela Royal Polímeros sob a denominação comercial de *Denverpoly 754*.

O agente de cura utilizado foi o peróxido de MEK (Butanox M-50), na proporção de 0,33% (v/v). Com esta proporção, Rodrigues (2008), obteve boas propriedades mecânicas em compósitos poliméricos reforçados por fibras naturais.

A juta foi adquirida no comércio de Belém, na forma de tecido, do qual foram retirados os fios para a confecção das lâminas usadas nesta pesquisa.

## 3 | MÉTODOS

### 3.1 Preparação das lâminas com fios de juta

Os tecidos de juta foram desfiados para a confecção das lâminas e serem trabalhados apenas com os fios para poderem ser feitos os alinhamentos propostos, os fios foram fixados no papel com a fita dupla face seguindo os alinhamentos de  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  e tecido. Ao final do processo as lâminas foram costuradas na folha de papel A4 para garantir o alinhamento após a desmoldagem do papel.

### 3.2 Fabricação dos laminados

Na fabricação dos laminados foi utilizada uma base de compensado revestida com transparência, onde as lâminas foram organizadas e fixadas em diferentes configurações de ângulos. Para cada uma das placas confeccionadas foi usada uma determinada quantidade de resina que foi uniformemente distribuída por camada para garantir um padrão de fabricação através da técnica *hand-layup*.

Após esse procedimento aguardou-se uma semana para que se efetivasse a total cura do material. Foi usado a fração mássica de 18% para todas as placas. A Figura 1 ilustra a combinação feita para as lâminas  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  e tecido, ficando estabelecidas as placas  $0^\circ/0^\circ/0^\circ$ ,  $0^\circ/45^\circ/0^\circ$ ,  $0^\circ/90^\circ/0^\circ$  e  $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$ .

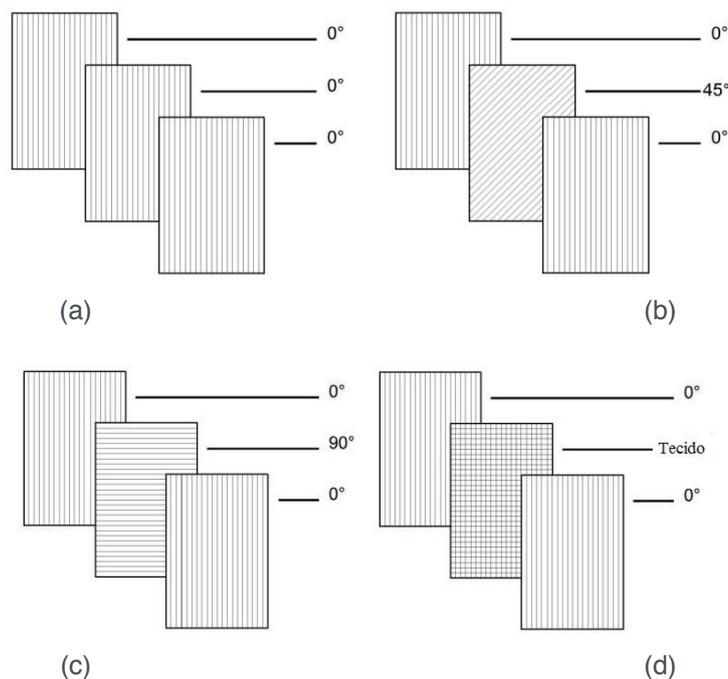


Figura 1: Configurações adotadas para a fabricação dos laminados, com as orientações (a)  $0^\circ/0^\circ/0^\circ$ , (b)  $0^\circ/45^\circ/0^\circ$ , (c)  $0^\circ/90^\circ/0^\circ$  e (d)  $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$ .

### 3.3 Confeção dos corpos de prova e ensaio de tração

Os corpos de prova foram produzidos segundo a norma ASTM D3039 e suas dimensões. Os alinhados a  $0^\circ$  foram obtidos com as dimensões de 15 mm de largura por 250 mm de comprimento, enquanto que os unidirecionais e tecidos com 25 mm de largura por 175 mm de comprimento. Os corpos foram cortados dos laminados com o auxílio de disco de corte diamantado.

O ensaio de tração foi realizado numa máquina EMIC modelo DL 500, com célula de carga de 5 kN e velocidade de ensaio de 2 mm/min, dentro da norma ASTM D3039.

### 3.4 Análises da superfície de fratura

Após a realização do ensaio mecânico, a superfície de fratura de cada corpo de prova foi analisada para a verificação dos mecanismos de falha dos mesmos. As análises foram feitas através de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Laminados de fios de juta

Nas Figuras 2, 3, 4 e 5, têm-se o registro da configuração dos laminados na orientações  $0^\circ/0^\circ/0^\circ$ ,  $0^\circ/45^\circ/0^\circ$ ,  $0^\circ/90^\circ/0^\circ$  e  $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$ , nos quais se verifica a eficácia do processo de laminação manual de acordo com a sequência de empilhamento das lâminas para cada compósito.

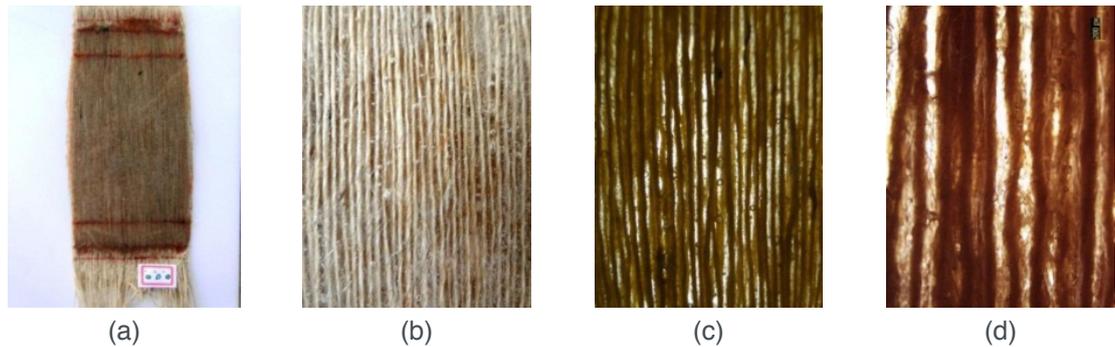


Figura 2: Laminados de fios de juta constituídos pelas orientações  $0^\circ/0^\circ/0^\circ$ , (a) indicando o compósito pronto e (b), (c) e (d) as lâminas.

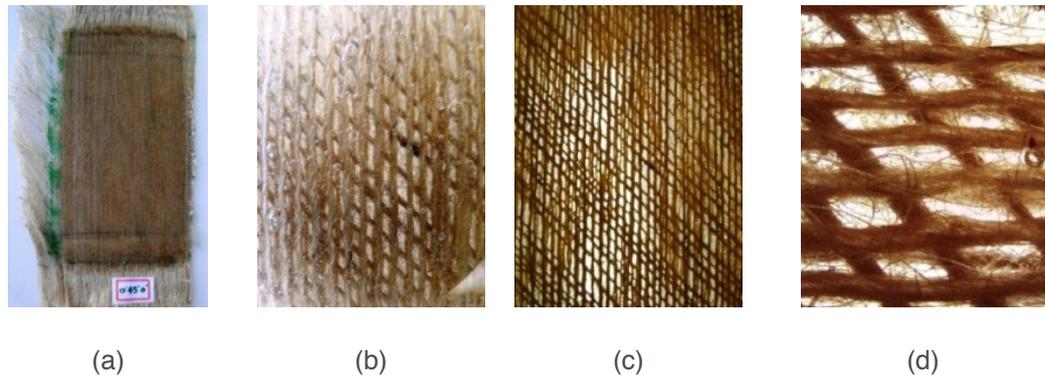


Figura 3: Laminado de fios de juta constituído pelas orientações  $0^\circ/45^\circ/0^\circ$ , (a) indicando o compósito pronto e (b), (c) e (d) as lâminas.

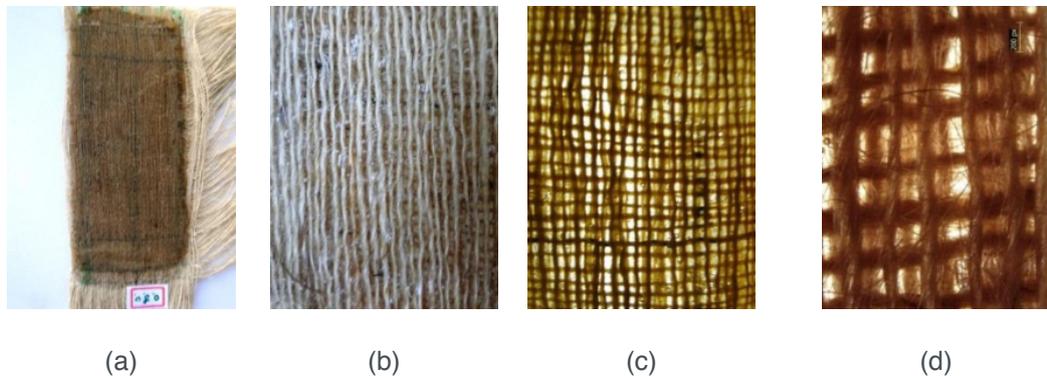


Figura 4: Laminado de fios de juta constituídos pelas orientações  $0^\circ/90^\circ/0^\circ$ , (a) indicando o compósito pronto e (b), (c) e (d) as lâminas.

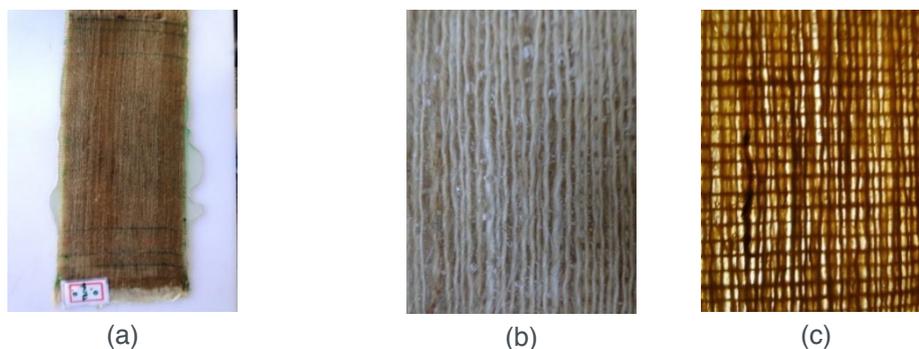


Figura 5: Laminado de fios de juta constituídos pelas orientações 0o/Tecido/0o, (a) indicando o compósito pronto e (b), (c) e (d) as lâminas.

## 4.2 Propriedades Mecânicas

Por intermédio do ensaio de tração, obtiveram-se as propriedades mecânicas dos materiais compósitos, como força máxima, tensão máxima, deslocamento e módulo de elasticidade, mostradas na Tabela 1.

Tipo de Laminado	Força Máxima (kN)	Tensão Máxima (MPa)	Deslocamento na Força Máxima (mm)	Módulo de Elasticidade (GPa)
0°/0°/0°	2,60 ± 0,32	69,00 ± 6,20	2,43 ± 0,53	0,93 ± 0,17
0°/45°/0°	2,90 ± 0,47	47,17 ± 7,44	2,72 ± 0,37	1,12 ± 0,14
0°/90°/0°	2,67 ± 0,25	42,31 ± 3,98	2,40 ± 0,27	1,13 ± 0,08
0°/Tecido/0°	3,33 ± 0,96	52,42 ± 15,13	2,53 ± 0,48	1,25 ± 0,12

Tabela 1: Propriedades mecânicas dos materiais compósitos nas configurações 0°/0°/0°, 0°/45°/0°, 0°/90°/0° e 0°/Tecido/0°.

De acordo com a Tabela 1, observa-se que o laminado com a orientação de fios de juta a 0°/0°/0° possui a maior resistência à tração, 69 MPa. Nas orientações 0°/45°/0° e 0°/90°/0° a resistência cai para 47,17 MPa e 42,31 MPa, respectivamente. Comparado a estes, a orientação de 0°/Tecido/0° a resistência foi de 52,42 MPa. Na Figura 6 tem-se gráfico de barras comparando estes resultados.

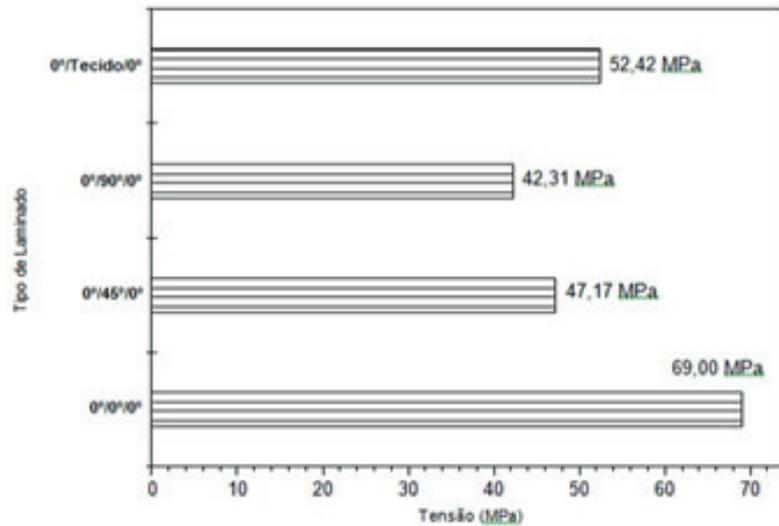


Figura 6: Valores de tensão máxima para os compósitos na configuração 0°/0°/0°, 0°/45°/0°, 0°/90°/0° e 0°/Tecido/0°.

Segundo o gráfico mostrado na Figura 6, observa-se que a resistência à tração do compósito com a configuração 0°/0°/0° é 38,68% superior em relação ao compósito com a configuração 0°/90°/0°. Já em relação às configurações 0°/45°/0° e 0°/Tecido/0°, é 31,64% e 24,03%, respectivamente.

Na Tabela 1 também é observado que houve um aumento no módulo de elasticidade dos materiais compósitos inverso ao aumento da resistência à tração. Na configuração 0°/0°/0° esse é 0,93 GPa, 0°/45°/0° 1,12 GPa, 0°/90°/0° 1,13 GPa e 0°/Tecido/0° 1,25 GPa. O módulo de elasticidade pode ser observado a partir da inclinação das curvas características, comportamento da força versus deslocamento para os compósitos com empilhamento 0°/0°/0°, 0°/45°/0°, 0°/90°/0° e 0°/Tecido/0°, mostrados na Figura 7.

De acordo com a regra das misturas, o compósito com fibras contínuas e alinhadas na direção do carregamento, apresentará a maior resistência à tração. Além disso, Cavalcante (2009) mostrou que para fios longos e alinhados de juta, têm-se um maior contato entre a fibra e a matriz, fazendo com que os esforços de tração experimentados pelo compósito durante o ensaio, sejam mais facilmente transmitidos da matriz para a fibra, aumentando, assim, a resistência do material.

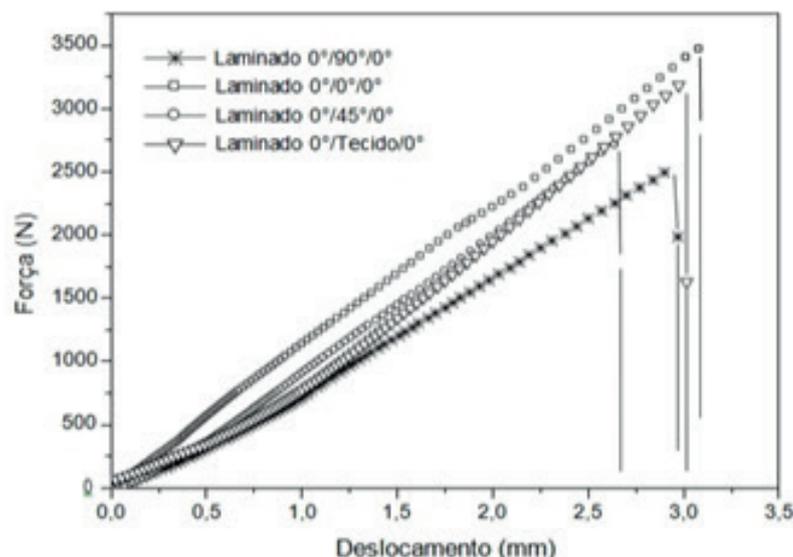


Figura 7: Curvas características da força versus deslocamento para os compósitos com configurações  $0^\circ/0^\circ/0^\circ$ ,  $0^\circ/45^\circ/0^\circ$ ,  $0^\circ/90^\circ/0^\circ$  e  $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$ .

Assim, como já observado por Msallem et al. (2010) e Hossain et al. (2013), à medida que a orientação dos fios nas lâminas centrais muda da direção transversal para a direção longitudinal, isto é, de  $90^\circ$  e  $45^\circ$  para  $0^\circ$ , e devido os fios de juta possuírem alta resistência à tração, ocorre um aumento significativo na resistência à tração do compósito. No caso de a lâmina central ser o tecido, devido este possuir fios no sentido preferencial dos esforços, a resistência à tração é significativa.

As configurações  $0^\circ/90^\circ/0^\circ$ ,  $0^\circ/45^\circ/0^\circ$  e  $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$  em comparação à  $0^\circ/0^\circ/0^\circ$ , apresentam fibras também na orientação do carregamento, que são as lâminas com orientação a  $0^\circ$ . No entanto, as lâminas com fibras que estão a  $90^\circ$  têm menor contribuição como reforço no material compósito, e podem agir como cargas concentradoras de tensão.

Já no caso de uma mudança na orientação dos fios de juta na lâmina central da direção longitudinal para a transversal, tanto na Tabela 1 quanto na Figura 7, é observado aumento na rigidez do material compósito. A maior rigidez ocorre no compósito com a configuração que há tecido, cuja razão pode ser devido haver fios orientados tanto a  $0^\circ$  quanto a  $90^\circ$ . Este comportamento pode também estar relacionado, segundo Merlini (2011) e Sanchez et al. (2010), à incorporação das fibras no compósito, uma vez que as fibras possuem maior rigidez e menor deformação do que a matriz.

Na Tabela 2 tem-se comparação entre os compósitos desta pesquisa com a de outros pesquisadores que usaram as mesmas configurações dos laminados de juta na fabricação de materiais compósitos.

Configurações do reforço	Resistência à Tração (MPa)	Autores
0°/0°/0°	53,30	Cavalcante, 2008
0°/0°/0°	69,00	Esta pesquisa
0°/90°/0°	33,79	Cavalcante, 2008
0°/90°/0°	42,31	Esta pesquisa
0°/90°/0°	36,50	Veiga, 2014
0°/90°/0°	42,31	Esta pesquisa
0°/45°/0°	33,90	Veiga, 2014
0°/45°/0°	47,17	Esta pesquisa

Tabela 2: Comparativo dos resultados desta pesquisa com a de outros autores.

De acordo com as informações da Tabela 2 observa-se que os materiais compósitos originados nesta pesquisa apresentaram boas propriedades mecânicas de tração no que se refere ao limite de resistência à tração. Para o compósito com a configuração 0°/0°/0° em comparação a Cavalcante (2008), mostrou-se 22,75% superior. Para a configuração 0°/90°/0°, também apresentou resultados superiores, 20,13% e 13,73% que Cavalcante (2008) e Veiga (2014) respectivamente. Já para a configuração 0°/45°/0° o limite de resistência foi maior em 28,13% em relação ao pesquisado por Veiga (2014).

É importante ressaltar que a diminuição do valor da resistência à tração dos compósitos pode ter ocorrido não só pela mudança de orientação, mas também pela presença de defeitos na matriz e na própria fibra, uma vez, segundo Gupta (2015), esta resistência na fibra de juta é dependente da estrutura da fibra, pressão de aderência e derrapagem durante o teste de tensão e taxa de deformação. Ademais, as condições da superfície das fibras de juta nem sempre são idênticas e sendo higroscópica, tende a absorver umidade. Como resultado, a compatibilidade e a aderência entre a fibra de juta e a matriz pode variar, o que contribui para uma menor resistência à tração dos compósitos (JAWAID et al., 2012).

### 4.3 Análise Fractográfica

Através do aspecto da fratura dos materiais compósitos torna-se possível analisar a resposta ao comportamento mecânico ou solicitação mecânica destes, sendo que a posição das fibras no interior do compósito irá determinar a forma da fratura. As Figuras de 8 a 11 ilustram as fraturas dos corpos de prova com as configurações 0°/0°/0°, 0°/45°/0°, 0°/90°/0° e 0°/Tecido/0°.

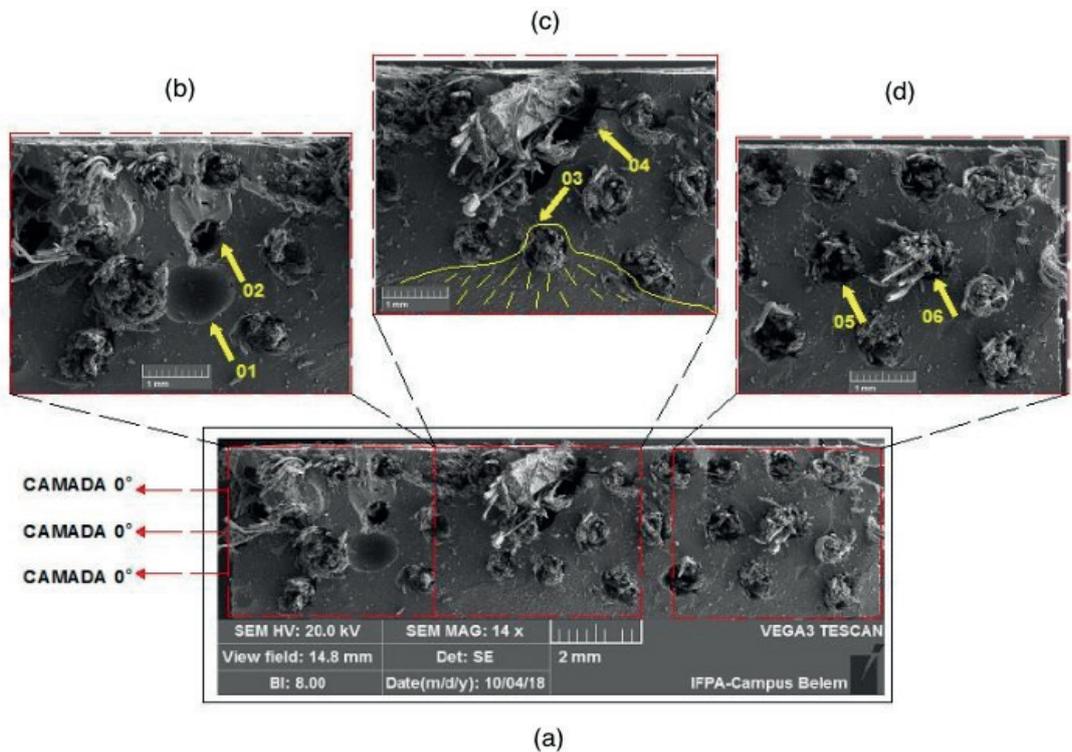


Figura 8: Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da fratura do material compósito com a configuração  $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ , (a) indicando a falha das fibras contínuas e alinhadas na direção do carregamento e (b), (c) e (d) representam um aumento da região da fratura detalhada.

Os maiores valores de resistência à tração na direção longitudinal também podem ser explicados por suas morfologias de fratura (HOSSAIN et al. 2013). Na Figura 8(a) tem-se a vista geral do corpo de prova do material compósito na configuração  $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ . No detalhe mostrado na Figura 8(b) apresentam-se os vazios devido a presença de porosidades, devido processo de fabricação, estes vazios reduzem a resistência do compósito. Na Figura 8(c), observam-se fibras expostas, as quais sofreram fratura, estas fibras indicam que houve arrancamento (*pull out*). No caso da Figura 8(d) há presença de trincas, além de arrancamento de fibras e ruptura das fibras (*pull out*).

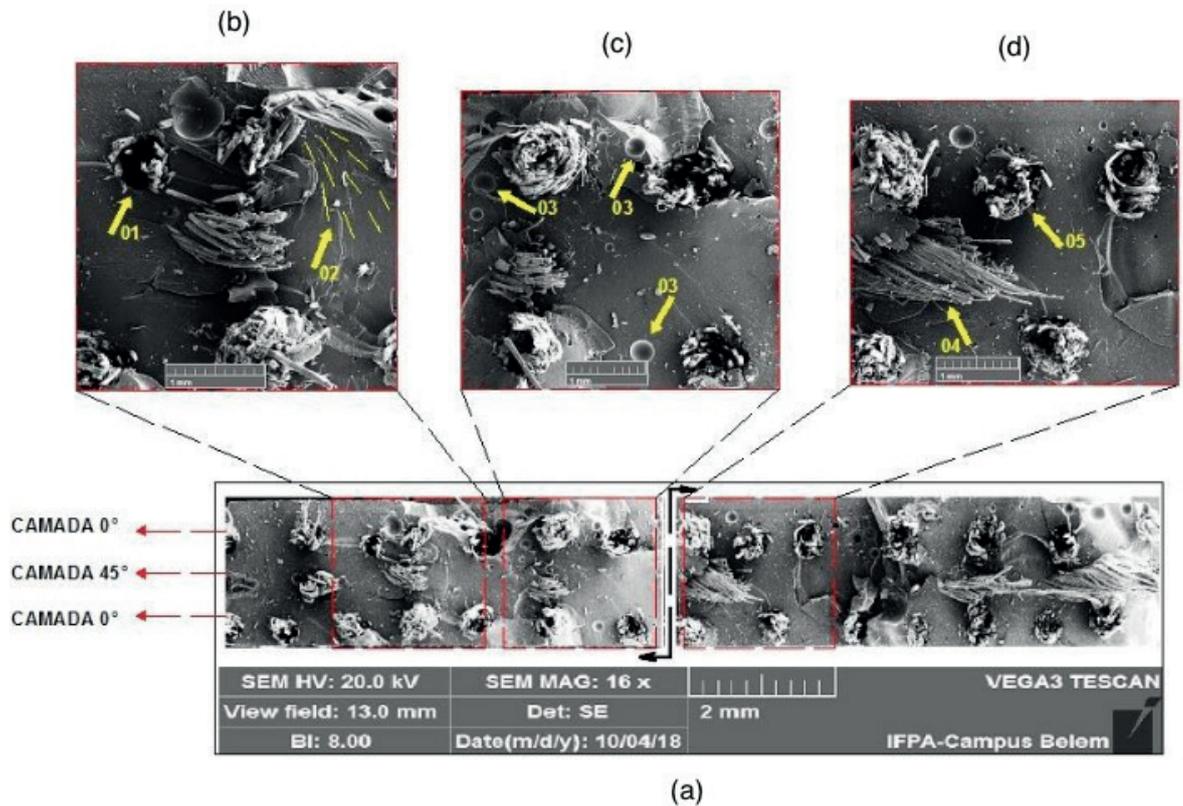


Figura 9: Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da fratura do material compósito com a configuração 0°/45°/0°, (a) indicando a falha das fibras contínuas e alinhadas na direção do carregamento e (b), (c) e (d) representam um aumento da região da fratura detalhada.

Na Figura 9(a) tem-se a vista geral do corpo de prova do material compósito na configuração 0°/45°/0°. Nas respectivas Figuras 9(b), 9(c) e 9(d), observam-se o que a literatura chama de marcas de praia, região mais esbranquiçada onde ocorrem as maiores tensões, o que evidencia a falha da matriz. Essas marcas de praia estão direcionadas para a fibra de juta evidenciando também a transferência de carga da matriz para a fibra, além das fibras expostas na configuração de 45°, as quais sofreram fratura, estas fibras indicam que houve arrancamento (*pull out*). Observa-se também que há presença de trincas e vazios devido o aparecimento de porosidades, provenientes do processo de fabricação, e vazios devido ao arrancamento de fibras e conseqüentemente estes reduzem a resistência do material compósito.

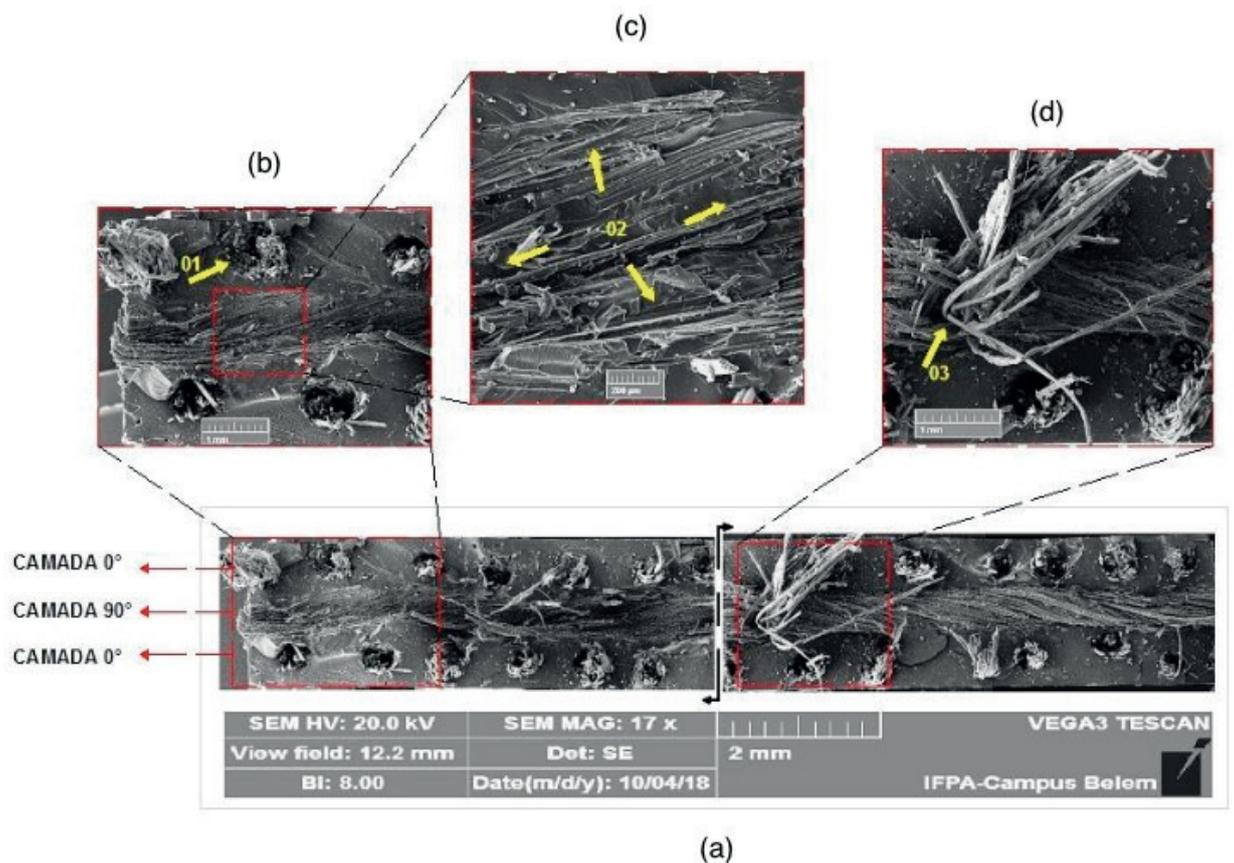


Figura 10: Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da fratura do material compósito com a configuração  $0^\circ/90^\circ/0^\circ$ , (a) indicando a falha das fibras contínuas e alinhadas na direção do carregamento e (b), (c) e (d) representam um aumento da região da fratura detalhada.

Na Figura 10(a) tem-se o corpo de prova do material compósito na configuração de  $0^\circ/90^\circ/0^\circ$ , no qual também se observa fratura transversal e plana. No detalhe da Figura 10(b) é mostrado o descolamento da matriz/fibras de juta na direção de  $90^\circ$ . Essa orientação está agindo como facilitadora de iniciação e propagação de trincas, devido à baixa adesão interfacial entre matriz/fibras, além da presença de marcas de praia. Na Figura 10(c) a marcação deixada pela fibra na matriz após descolamento da mesma. No detalhe da Figura 10(d) observamos o processo de fibrilação da fibra de juta, as mesmas foram rompidas, o que evidencia que o mecanismo de falha deste compósito também foi por rompimento das fibras. Há a presença de fibras expostas que indicam que houve arrancamento (*pull out*) e os vazios deixados resultante deste processo.

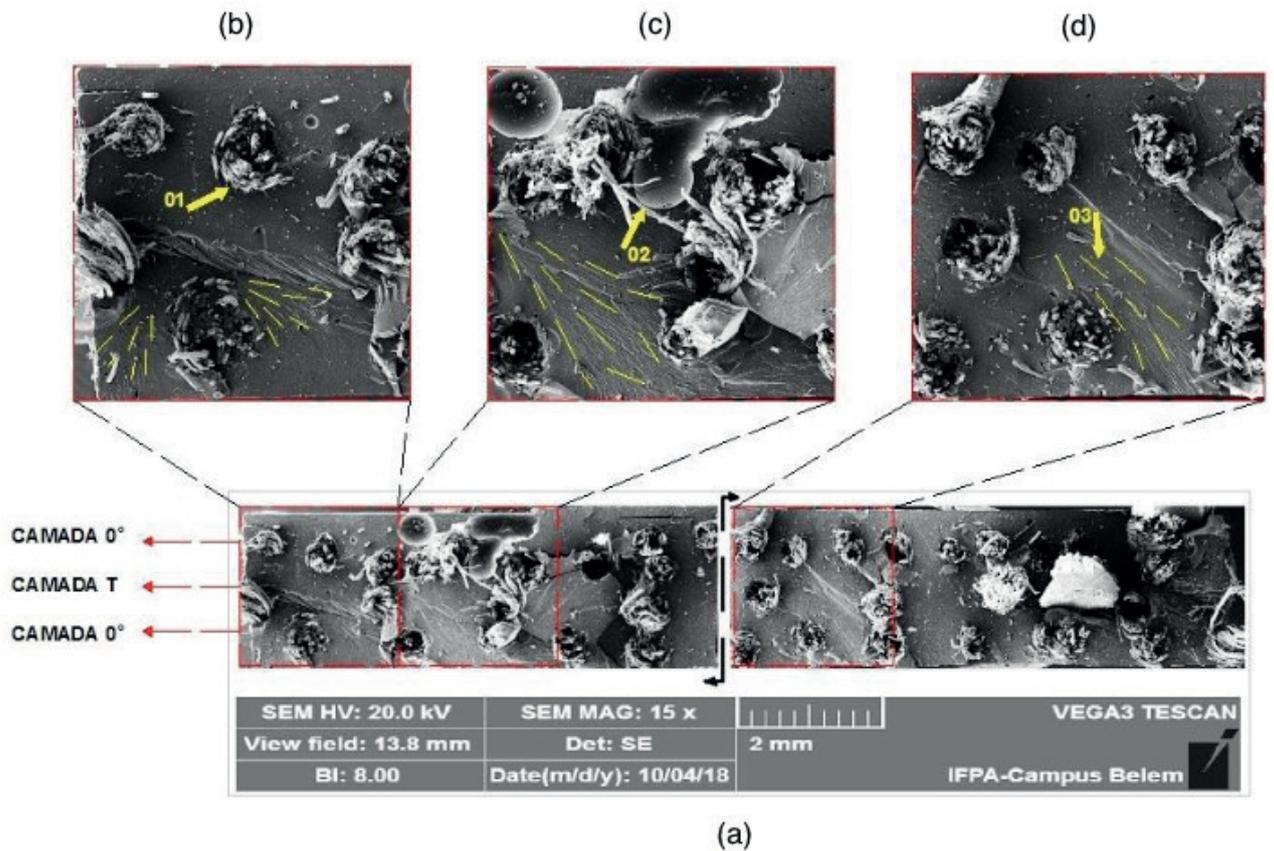


Figura 11: Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da fratura do material compósito com a configuração  $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$ , (a) indicando a falha das fibras contínuas e alinhadas na direção do carregamento e (b), (c) e (d) representam um aumento da região da fratura detalhada.

Na Figura 11(a) tem-se o corpo de prova do material compósito na configuração de  $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$ , nas respectivas Figuras 11(b), 11(c) e 11(d), observam-se também marcas de praia, o que evidencia a falha da matriz. Observa-se que estas marcas de praia estão direcionadas para a fibra de juta, evidenciando também a transferência de carga da matriz para a fibra. Verifica-se também a presença de vazios gerados pelo processo de fabricação que têm aspectos característicos de seção circular, além de vazios que resultam de arrancamentos de fibras e geralmente não apresentam uma seção regular devido à geometria das fibras.

## 5 | CONCLUSÃO

Os compósitos de matriz poliéster com diferentes configurações dos laminados de fios de juta, de modo geral, tendem a apresentar maiores valores de resistência à tração com o alinhamento dos fios na direção do sentido de aplicação do esforço de tração, isto é, quando os fios estão orientados na direção longitudinal. Assim, para os materiais compósitos com as configurações  $0^\circ/0^\circ/0^\circ$ ,  $0^\circ/45^\circ/0^\circ$ ,  $0^\circ/90^\circ/0^\circ$ ,  $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$  o que apresentou maior resistência à tração foi o  $0^\circ/0^\circ/0^\circ$ . Os materiais compósitos com as disposições das fibras fora da direção do carregamento de tração tendem a deformar-se tanto por cisalhamento como por tração. No entanto, no caso

da orientação dos fios de juta da lâmina central na direção transversal, pode ocorrer aumento na rigidez do material, sendo esta maior no compósito 0°/Tecido/0°, devido possivelmente à maior incorporação de fios de juta no material, pois possuem maior rigidez que a matriz.

Com relação aos aspectos fractográficos, os compósitos com as configurações 0°/0°/0°, 0°/45°/0°, 0°/90°/0° e 0°/Tecido/0° apresentaram fraturas transversais e planas, com fibras expostas e possibilidade de arrancamento (*pull out*) dos fios de juta. A propagação das trincas pode ter ocorrido na direção dos fios perpendiculares à carga, para os fios orientados à 90° na configuração 0°/90°/0° e no tecido. Outros mecanismos de falha presentes são as marcas de praia destacando que ocorreu a transferência de carga da matriz para a fibra, além dos vazios provocados pelo processo de fabricação.

## 6 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal do Pará Campus Belém e ao apoio financeiro da CAPES, CNPq e Pró Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, C. et al. Ecodesign of automotive components making use of natural jute fiber composites. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 18, n. 4, p. 313-327, mar. 2010.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D3039/D3039M**: Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials. 2014.
- BAVAN, D. S.; KUMAR, G. C. M. Potential use of natural fiber composite materials in India. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, Índia, v. 29, n. 24, p. 3600-3613, set. 2010.
- CAVALCANTE, J. M. de F.; CARVALHO, L. H. Estudo comparativo das propriedades mecânicas de compósitos pp/fios alinhados e contínuos de juta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS, 10°. 2009. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: 2009. p. 1-10. v. 1.
- CAVALCANTE, J. M. de F. **Desenvolvimento de um processo para a incorporação de fios de juta em matriz termoplástica e caracterização dos compósitos**. 2008. 172f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Campina Grande. Paraíba, 2008.
- DHAKAL, B. **A Study on The Effect of Fiber Loading and Orientation on Mechanical Behaviour of Jute Fiber Reinforced Epoxy Composites**. 2013. 31f. Thesis for (Bachelor of Technology in Mechanical Engineering) - Department of Mechanical Engineering National Institute of Technology. Rourkela, 2013.
- DHAKAL, H. N., et al. Effect of basalt fiber hybridisation on post-impact mechanical behaviour of hemp fiber reinforced composites. **Composites Part A, applied science and manufacturing**, v. 75, p. 54-67, ago. 2015.
- GUPTA, M. K., SRIVASTAVA, R. K., BISARIA, H. Potential of Jute Fibre Reinforced Polymer Composites: A Review. **International Journal of Fiber and Textile Research**, v. 5, n. 3, p. 30-38,

ago. 2015.

HILLIG, É. et al. Caracterização de compósitos produzidos com polietileno de alta densidade (hdpe) e serragem da indústria moveleira – parte II – extrusão em dupla-rosca. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 335-347, abr-jun. 2011.

HO, M. P., et al. Critical factors on manufacturing processes of natural fiber composites. **Composites Part B, Engineering**, v. 43, n. 8, p. 3549-3562, dez. 2012.

HOSSAIN, M. R. et al. Effect of Fiber Orientation on the Tensile Properties of Jute Epoxy Laminated Composite. **Journal of Scientific Research**, v. 5, n. 1, p. 43-54, 2013.

JAWAID, M. et al. Effect of jute fibre loading on the mechanical and thermal properties of oil palm–epoxy composites. **Journal of Composite Materials**, v. 47, n. 13, p. 1633-1641, jun. 2012.

MARINUCCI, G. **Materiais compósitos poliméricos: Fundamentos e tecnologia**. São Paulo, Editora Artliber, 2011. 333p.

MERLINI, C. **Análise experimental de compósitos de poliuretano derivado de óleo de mamona e fibras de bananeira**. 2011. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2011.

MSALLEM, Y. A. et al. Material characterization and residual stresses simulation during the manufacturing process of epoxy matrix composites. **Composites Part A, applied science and manufacturing**, v. 41, n. 1, p. 108-115, jan. 2010.

PIRES, E. N. et al. Efeito do tratamento alcalino de fibras de juta no comportamento mecânico de compósitos de matriz epóxi. **Polímeros. Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 22, n. 4, p.339-344, ago. 2012.

RODRIGUES, J. da S. **Comportamento mecânico de material compósito de matriz poliéster reforçado por sistema híbrido fibras naturais e resíduos da indústria Madeireira**. 2008. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia: Materiais e processos de Fabricação) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

RODRIGUES, J. S; SOUZA, J. A. ; FUJIYAMA, R. T. Compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais da Amazônia fabricados por infusão. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 946-960, jun. 2015.

SANCHEZ, E. M. S. et al.. Compósito de Resina de Poliéster Insaturado com Bagaço de Cana de Açúcar: Influência do Tratamento das Fibras nas Propriedades. **Polímeros. Ciência e Tecnologia**, [s.l], v. 20, n.3, p.194, fev. 2010.

SANJAY, M.R., ARPITHA, G. R., YOGESHA, B. Study on Mechanical Properties of Natural-Glass Fibre Reinforced Polymer Hybrid Composites: A Review. **Materials Today, Proceedings**, v. 2, n. 4-5, p. 2959-2967, jul. 2015.

SANTOS, S. S.; SILVA, G. F.; CASTRO, D. F. Utilização de fibras do mesocarpo e caroço do açaí como componente de misturas areia/asfalto para a pavimentação na cidade de Manaus/AM. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, Viçosa, v. 3, n. 04, p. 627-633, jul. 2017.

SATHISHKUMAR, T. P., NAVANEETHAKRISHNAN, P., SHANKAR, S. Tensile and flexural properties of snake grass natural fiber reinforced isophthallic polyester composites. **Composites Science and Technology**, v. 72, n. 10, p. 1183-1190, jun. 2012.

SILVA, A. T.; FONTES, R. S.; BATISTA, A. C. M. C. **Propriedades mecânicas em compósitos poliméricos reforçados com fibra de Juta**. I Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão do Campus

Caraúbas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2014.

VAISANEN, T., DAS, O., TOMPPU, L. A review on new bio-based constituents for natural fiber-polymer composites. **Journal of Cleaner Production**, v. 149, p. 582-596, abr. 2017.

VEIGA, N. A., **Comportamento à fratura em modo I de compósitos de matriz polimérica, reforçados com fibras de juta**. 2014. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**CLEBERTON CORREIA SANTOS-** Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratamentos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: [cleber\\_frs@yahoo.com.br](mailto:cleber_frs@yahoo.com.br)) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acessibilidade 10, 11, 20, 21, 22, 186  
Amazônia 141, 142, 143, 150, 207, 208, 246, 261  
Amido de mandioca 1, 2, 3, 4, 9  
Análise sensorial 45, 46, 56

### B

Bioacessibilidade 164, 165, 166, 168, 172, 173  
Biofilmes 4  
Biomateriais 92  
Biorremediação 114, 116, 117, 123, 125, 126, 128

### C

Carbeto de boro 129, 130, 131, 132, 140  
Carbono cristalizado 114

### D

Dejetos de suínos 112

### G

Gamificação 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 191, 194, 195  
Geometria 34, 118, 134, 218, 219, 220, 221, 222, 224, 225, 248, 259, 271, 390

### H

Homologia simplicial 239

### I

Inteligências múltiplas 188, 190, 191, 192, 193, 197, 198, 199, 200

### M

Matrizes 2, 129, 136, 138, 139, 247, 369  
Mineração 76, 80, 125, 197, 209, 211, 216, 217

### N

Nanopartículas 90, 91, 92, 93, 95, 98, 99, 100, 114, 116, 123, 125, 126

## O

Óleo de copaíba 201, 203, 204, 207

## P

Paralisia facial 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367

Pegmatito 23, 24, 25, 31, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77

Pensamento computacional 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 66, 67, 68, 195

## Q

Qualidade do ar 78, 79, 80, 81, 87, 88

## R

Reciclagem 3, 52, 294, 297, 298, 300, 302, 388, 389, 399

Robótica 188, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 199, 279, 282, 284, 285, 287, 288, 289, 291

## S

SAP 2000 33, 34, 40

Sistemas lineares 368, 369, 373, 374, 377

## T

Tecnologias Digitais 153, 154, 155, 156, 157, 161, 162, 163, 195, 287

## V

Variabilidade climática 142

## W

Website 175, 176, 181, 183

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-642-3

