

# Evolução na Ciência e Engenharia de Materiais

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)



**Atena**  
Editora

Ano 2020

# Evolução na Ciência e Engenharia de Materiais

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)



**Atena**  
Editora

Ano 2020

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

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

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

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

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di 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

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

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  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
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  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
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 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  
Profª Drª 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. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
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. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

E93      Evolução na ciência e engenharia de materiais [recurso eletrônico] /  
 Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa, PR:  
 Atena Editora, 2020.

Formato: PDF  
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
 Modo de acesso: World Wide Web  
 Inclui bibliografia  
 ISBN 978-85-7247-921-9  
 DOI 10.22533/at.ed.219201601

1. Engenharia de materiais – Pesquisa – Brasil. I. Holzmann,  
 Henrique Ajuz.

CDD 620.11

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

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

## APRESENTAÇÃO

A engenharia de materiais, se tornou um dos grandes pilares da revolução técnica industrial, devido a necessidade de desenvolvimento de novos materiais, que apresentem melhores características e propriedades físico-químicas. Grandes empresas e centros de pesquisa investem maciçamente em setores de P&D a fim de tornarem seus produtos e suas tecnologias mais competitivas.

Destaca-se que a área de material compreende três grandes grupos, a dos metais, das cerâmicas e dos polímeros, sendo que cada um deles tem sua importância na geração de tecnologia e no desenvolvimento dos produtos. Aliar os conhecimentos pré-existentes com novas tecnologias é um dos grandes desafios da nova engenharia.

Neste livro são explorados trabalhos teóricos e práticos, relacionados as áreas de materiais, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. Apresenta capítulos relacionados ao desenvolvimento de novos materiais, com aplicações nos mais diversos ramos da ciência, bem como assuntos relacionados a melhoria em processos e produtos já existentes, buscando uma melhoria e a redução dos custos.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....  | <b>1</b>  |
| INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO DE FIBRAS VEGETAIS NA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO E MORFOLOGIA DA FRATURA DE COMPÓSITOS COM FIBRAS CONTÍNUAS E ALINHADAS                |           |
| Fábio Santos de Sousa<br>Edwillson Gonçalves de Oliveira Filho<br>Luciano Monteiro Almeida<br>Roberto Tetsuo Fujiyama                                      |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2192016011</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....  | <b>10</b> |
| COMPÓSITOS POLIMÉRICOS HÍBRIDOS COM FIBRAS NATURAIS E SINTÉTICAS CONTÍNUAS E ALINHADAS   |           |
| Luciano Monteiro Almeida<br>César Tadeu Nasser Medeiros Branco<br>Douglas Santos Silva<br>Edwillson Gonçalves de Oliveira Filho<br>Roberto Tetsuo Fujiyama |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2192016012</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....  | <b>23</b> |
| CARACTERIZAÇÃO DE NANOFILTRO REDUTOR DE SULFETO DE HIDROGÊNIO E UMIDADE DO BIOGÁS  |           |
| Mateus Sousa Pinheiro<br>Gabrielle Dias Coelho<br>Maria del Pilar Hidalgo Falla  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2192016013</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 4</b> .....  | <b>36</b> |
| DESCRIÇÃO TERMODINÂMICA DE MICRODOMÍNIOS DENTRO DE PICHE MESOFÁSICO PRECURSOR PARA FIBRAS DE CARBONO   |           |
| Caio Cesar Ferreira Florindo<br>Adalberto Bono Maurizio Sacchi Bassi   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2192016014</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 5</b> .....  | <b>51</b> |
| NANOBIOSENSOR ELETROQUÍMICO BASEADO EM APTAMERO PARA DETECÇÃO DE OCRATOXINA A EM CAFÉ TORRADO  |           |
| Maurília Palmeira da Costa<br>Itala Gabriela Tavares Lima<br>Idjane Silva de Oliveira<br>Cesar Augusto Souza de Andrade<br>Maria Danielly Lima de Oliveira |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2192016015</b>   |           |

**CAPÍTULO 6 ..... 63**

DETECÇÃO ESPECÍFICA DE SCHISTOSOMA MANSONI EM LCR USANDO UM BIOSSENSOR ELETROQUÍMICO DE DNA BASEADO EM NANOPARTICULAS DE OURO E MERCAPTOSILANO

Giselle Soares dos Santos  
César Augusto Sousa de Andrade  
Fábio Lopes de Melo  
Maria Danielly Lima de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.2192016016**

**CAPÍTULO 7 ..... 73**

PRODUÇÃO DE NANOMATERIAIS BIOMIMÉTICOS A PARTIR DE UM NOVO SISTEMA DE *ELECTROSPINNING* PARA ENGENHARIA DE TECIDOS DOS MENISCOS DO JOELHO

Thiago Domingues Stocco  
Anderson de Oliveira Lobo

**DOI 10.22533/at.ed.2192016017**

**CAPÍTULO 8 ..... 87**

PLATAFORMA NANOSTRUTURADA BASEADA EM APTÂMERO PARA DETECÇÃO DE OCRATOXINA A

Maurília Palmeira da Costa  
Ítala Gabriela Tavares Lima  
Idjane Silva de Oliveira  
Cesar Augusto Souza de Andrade  
Maria Danielly Lima de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.2192016018**

**CAPÍTULO 9 ..... 96**

CARACTERIZAÇÃO DE NANOCOMPÓSITOS PLA/ZNO POR REOLOGIA E NMR NO DOMÍNIO DO TEMPO

Amanda Ramos Aragão Melo  
José Carlos Dutra Filho  
Maria Inês Bruno Tavares

**DOI 10.22533/at.ed.2192016019**

**CAPÍTULO 10 ..... 108**

INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DE CÁLCIO E BÁRIO EM COMPOSIÇÕES DE PEROVSKITAS  $TR_{(1-x)}M_xO_3$  (TR= PR, GD), (M = CA, BA) (X= 0,2) NA ATIVIDADE CATALÍTICA

Cássia Carla de Carvalho  
Anderson Costa Marques  
Symone Leandro de Castro  
Davidson Nunes de Oliveira  
Filipe Martel de Magalhães Borges  
Alexandre de Sousa Campos

**DOI 10.22533/at.ed.21920160110**

**CAPÍTULO 11 ..... 119**

CERÂMICAS AVANÇADAS: PRODUÇÃO DE NANOESTRUTURAS DE ÓXIDOS TERRA RARA-NÍQUEL

Bruna Niccoli Ramirez  
Márcia Tsuyama Escote

**DOI 10.22533/at.ed.21920160111**

**CAPÍTULO 12 ..... 133**

INSERÇÃO DE ESCÂNDIO E FÓSFORO NO SEMICONDUTOR DE DIÓXIDO DE TITÂNIO PARA APLICAÇÃO EM FOTOCATÁLISE

Eduardo Felipe De Carli  
Eliane Kujat Fischer  
Natali Amarante da Cruz  
Alberto Adriano Cavalheiro

**DOI 10.22533/at.ed.21920160112**

**CAPÍTULO 13 ..... 146**

INDUTORES DE RÁDIO FREQUÊNCIA EXTERNOS COM ALTOS FATORES DE QUALIDADE USANDO OURO, SU8 E ALUMINA

Lucas Martins Miranda de Almeida  
Alexandre da Silva Nascimento  
Richard Alexandrino de Macedo  
Angélica dos Anjos Ayala

**DOI 10.22533/at.ed.21920160113**

**CAPÍTULO 14 ..... 153**

INCLUSÃO DE NANOPARTÍCULAS DE  $3Y-ZrO_2$  EM MATRIZ DE  $\alpha-AL_2O_3$  PARA CONFEÇÃO DE INSERTO CERÂMICO

Miguel Adriano Inácio  
José Victor Candido de Souza  
Maria do Carmo de Andrade Nono  
Sergio Luiz Mineiro  
Daniel Alessander Nono

**DOI 10.22533/at.ed.21920160114**

**CAPÍTULO 15 ..... 160**

OPTICAL AND ELECTROCHEMICAL PROPERTIES IN CDSE/CDTE AND CDSE/CDTE NANOCRYSTALS PREPARED BY AQUEOUS SYNTHESIS

Raul Fernando Cuevas Rojas  
Miguel Angel González Balanta  
Silvio José Prado  
Pablo Henrique Menezes  
Lauro Antonio Pradela Filho  
Victor Ciro Solano Reynoso

**DOI 10.22533/at.ed.21920160115**

**CAPÍTULO 16 ..... 170**

PRODUCTION OF ALKALINE PHOSPHATASE BY DENTAL PULP STEM CELLS IN INTERFACE WITH PLASMA MODIFIED TITANIUM

Keylla Dayanne Coelho Marinho de Melo  
Laís Albuquerque Vasconcelos  
Clodomiro Alves Junior  
Jussier Oliveira Vitoriano  
Hugo Alexandre de Oliveira Rocha  
Moacir Fernandes de Queiroz Neto  
José Sandro Pereira da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.21920160116**

**CAPÍTULO 17 ..... 187**

SÍNTESE HIDROTÉRMICA ASSISTIDA POR MICRO-ONDAS DE ALUMINA TRI-HIDRATADA

Ricardo Ritter de Souza Barnasky  
Cristiane Wienke Raubach Ratmann  
Marciel Gaier  
Mário Lúcio Moreira  
Sergio da Silva Cava

**DOI 10.22533/at.ed.21920160117**

**CAPÍTULO 18 ..... 201**

MODIFICAÇÃO QUÍMICA DA LIGA DE ALUMÍNIO 5052 PARA OBTENÇÃO DE SUPERFÍCIES SUPER-HIDROFÓBICAS

Rafael Gleymir Casanova da Silva  
Maria Isabel Collasius Malta  
Severino Leopoldino Urtiga Filho  
Sara Horácio de Oliveira  
Magda Rosângela Santos Vieira

**DOI 10.22533/at.ed.21920160118**

**CAPÍTULO 19 ..... 207**

INFLUENCE OF THE ALUMINA ADDITION IN THE WEAR RESISTANCE OF THE SINTERED AISI 52100 STEEL

Bruna Horta Bastos Kuffner  
Gilbert Silva  
Carlos Alberto Rodrigues  
Geovani Rodrigues

**DOI 10.22533/at.ed.21920160119**

**CAPÍTULO 20 ..... 212**

IMPROVEMENT OF TITANIUM SURFACE WITH PLASMA NITRIDING TREATMENT

Laís Albuquerque Vasconcelos  
Keylla Dayanne Coelho Marinho de Melo  
Clodomiro Alves Junior  
Jussier Oliveira Vitoriano  
Hugo Alexandre de Oliveira Rocha  
Moacir Fernandes de Queiroz Neto  
José Sandro Pereira da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.21920160120**

**CAPÍTULO 21 ..... 226**

AValiação de termofosfatos de alumínio com a adição de escória siderúrgica

Maria Sílvia Camarão de Sousa  
Oscar Jesus Choque Fernandez  
Edilson Carvalho Brasil  
Marcondes Lima da Costa  
Érika Raiol Pinheiro  
Marlo Oliveira Costa

**DOI 10.22533/at.ed.21920160121**

**CAPÍTULO 22 ..... 236**

CARACTERIZAÇÃO DA LAMA DE ALTO-FORNO DE UMA SIDERÚRGICA INTEGRADA DO SUDESTE DO PARÁ

Wellington Bruno Silva de Jesus  
Alacid do Socorro Siqueira Neves  
Emanuel Negrão Macêdo  
José Antônio da Silva Souza  
Luiz Felipe Silva Pereira  
Roseane de Lima Silva  
Verônica Scarpini Cândido  
Antonio Lourenço da Costa Neto  
Raimunda Figueiredo da Silva Maia  
Daniel José Lima de Sousa

**DOI 10.22533/at.ed.21920160122**

**CAPÍTULO 23 ..... 242**

MÉTODO EQUACIONADO PARA PREVISÃO DO TEMPO DE REMOAGEM DE MINÉRIO DE FERRO

Simone Silva Neves  
Filipe Mattos Gonçalves  
Júnia Soares Alexandrino  
Telma Ellen Drumond Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.21920160123**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 254**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 255**

## INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO DE FIBRAS VEGETAIS NA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO E MORFOLOGIA DA FRATURA DE COMPÓSITOS COM FIBRAS CONTÍNUAS E ALINHADAS

Data de aceite: 08/01/2020

### Fábio Santos de Sousa

Universidade Federal do Pará, Departamento de Engenharia civil  
Belém - Pará

### Edwillson Gonçalves de Oliveira Filho

Universidade Federal do Pará, Departamento de Engenharia de recursos Naturais da Amazônia  
Belém - Pará

### Luciano Monteiro Almeida

Universidade Federal do Pará, Departamento de Engenharia de recursos Naturais da Amazônia  
Belém - Pará

### Roberto Fujiyama

Universidade Federal do Pará, Departamento de Engenharia Mecânica  
Belém - Pará

**RESUMO:** Atualmente, pesquisas relacionadas a fabricação de materiais compósitos reforçados com fibras naturais tem aumentado devido à possibilidade de redução de custos de produção e permitir boas propriedades mecânicas em relação às fibras sintéticas. Este trabalho tem como objetivo a produção de materiais compósitos com fibras naturais contínuos e alinhados para avaliar a relação entre o espaçamento das fibras e a resistência à tração.

Os materiais compósitos foram processados utilizando as fibras de sisal com resina tereftálica. Além disso, as amostras foram caracterizadas com objetivo conhecer resistência mecânica, onde foram submetidos ao ensaio de tração de acordo com ASTM D3039. A amostra foi reforçada com uma camada de fibras igualmente espaçadas (monocamada), onde para cada compósito determinou-se espaçamentos entre as fibras de 1,5 mm e 2,5 mm. Foram também obtidas imagens em microscopia para avaliar o aspecto da superfície da fratura. Os resultados mostram maior resistência obtida por outros pesquisadores em compósitos com fibras curtas e não orientadas. Observações microestruturais revelaram uma adesão efetiva entre as fibras e a matriz, o que contribuiu para o desempenho mecânico de compósitos com fibras de espaçamento menores.

**PALAVRAS-CHAVE:** espaçamento de fibra, fibras naturais, fibras de sisal, propriedades mecânicas.

### INFLUENCE OF VEGETABLE FIBER SPACING ON RESISTANCE TO TRACTION AND MORPHOLOGY OF CONTINUOUS AND ALIGNED FIBER COMPOSITES

**ABSTRACT:** Currently, research related to the manufacture of composite materials reinforced with natural fibers has been increasing due to the possibility of reducing production costs,

and enable good mechanical properties compared to synthetic fibers. This work aims at the production of composite materials with continuous and aligned natural fibers to evaluate the relationship between the fibers spacing and tensile strength. The composite materials was processed using the fibers sisal with terephthalic resin. In addition, the samples were characterized with aim know to resistance to stress where were submitted in the tensile test, accordance with ASTM D3039. The specimen were reinforced with one layer of equally spaced fibers (monolayer) where each composite had three spacing of 1 mm, 1.5 mm and 2.5mm between fibers. It was also obtained images in microscopy to evaluate the aspect of surface of fracture. The results show a higher resistance obtained by other researchers in composites with short fibers and non-oriented. Microstructural observations revealed an effective adhesion between the fibers and the matrix, which contributed to the mechanical performance of composites with smaller spacing fibers.

**KEYWORDS:** fiber spacing, natural fibers, sisal fibers, mechanical properties.

## 1 | INTRODUÇÃO

A compreensão das características de tração e comportamento de fratura de compósitos com fibras longas alinhadas s tem sido objeto de intensa investigação há muito tempo. Isto é demonstrado pelas pesquisas que descrevem fratura da matriz, propriedades de interface entre fibra e matriz. Essas análises têm grande relevância para caracterizar a resposta do compósito. As investigações mecânicas mostraram que o acompanhamento da deformação e fratura de materiais compósitos são influenciados pelas propriedades das fibras.

As fibras naturais têm se destacado atualmente devido à condição de poder substituir totalmente ou parcialmente as fibras sintéticas. As fibras naturais comumente utilizadas em aplicações de compósitos são as de caule e as de folha (fibras duras) com fibras como cânhamo, juta, linho, kenaf ou sisal (Rouison et al., 2004). Entre as vantagens em relação aos reforços sintéticos estão, a baixa densidade, biodegradabilidade e baixo custo (Andrade, 2007). A caracterização de compósitos com fibras naturais ainda são poucos estudados comparados com fibras sintéticas. A forma com que a fibra encontrasse dentro da matriz é de grande relevância para as propriedades mecânicas. Além disso, os espaçamentos de fibras juntamente com a fração mássica de fibras influenciam diretamente nas propriedades elásticas do compósito (Costa et al, 2014; Silva, 2014; Sergio N. Monteiro, 2006; Gaffney e Botsis ,1999)

Para relacionar o comportamento de fibras naturais ao comportamento geral destes materiais compósitos faz-se necessário investigar a influência dos mesmos. Assim, é uma formidável tarefa para determinar as contribuições das propriedades mecânicas das fibras interagindo com a matriz. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo desenvolver compósitos de resina poliéster tereftálica e fibras de sisal longas continua e alinhadas, variando o espaçamento entre fibras e avaliando o

comportamento mecânico dos mesmos através de ensaios de tração.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

Neste trabalho utilizaram-se as fibras longas de Sisal na condição de como recebidas sem qualquer tratamento superficial Figura (1). Para fase matriz do compósito utilizou-se resina poliéster tereftálica insaturada fabricada pela Ara Química S.A. sob a denominação comercial de Arazyn AZ 1.0 # 34. O agente de cura utilizado foi o peróxido de MEK (PERMEC D-45), nas proporções de 1% (v/v).



Figura 1. Fibras de sisal *in natura*.

Fonte: Autor.

### 2.2 Metodologia

Antes do processo de fabricação, houve a seleção de fibra de acordo com o comprimento. Após, começou a definir primeiro o espaçamento entre as fibras de 1,5 mm e 2,5 mm para cada tipo de compósito, aplicando uma tensão para manter o alinhamento em molde de base de madeira e laterais de miriti. Em seguida, a resina tereftálica foi lentamente vazada para dentro do molde produzindo uma placa compósita que foi cortada em quatro amostras idênticas Figuras (2) e (4).



Figura 2. Molde para confecção dos compósitos.

Após esta etapa, a placa ficou 4 meses de cura para posterior corte nas dimensões da norma. Neste trabalho foram examinadas duas configurações de espaçamento de fibras. O primeiro foi um compósito com uma camada (monocamada) de fibras igualmente espaçadas sob uma tensão para manter o alinhamento. A Figura (3) mostra o esquema dos procedimentos realizados neste trabalho.

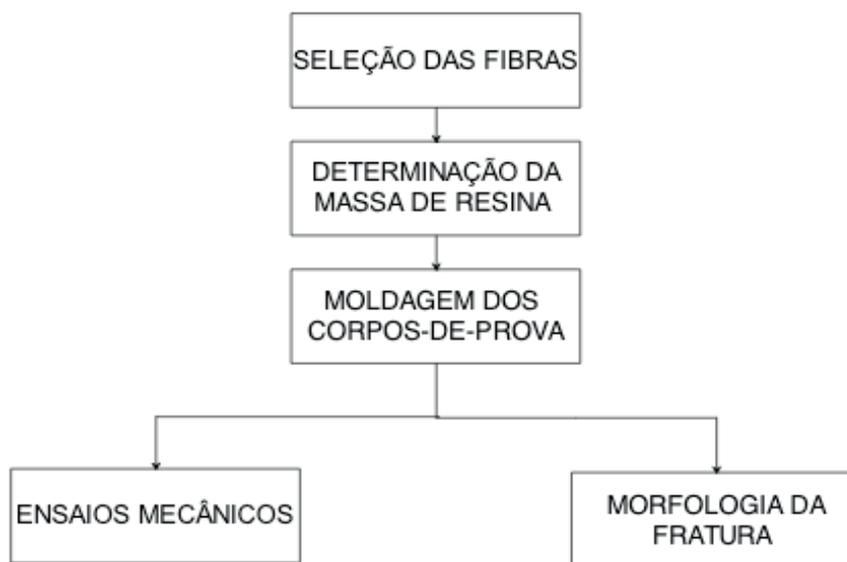


Figura 3 – Fluxograma dos procedimentos experimentais

Depois de curar as placas, fizeram-se as medições de acordo com ASTM D3039. As amostras foram caracterizadas com o objetivo de conhecer a resistência à tração.

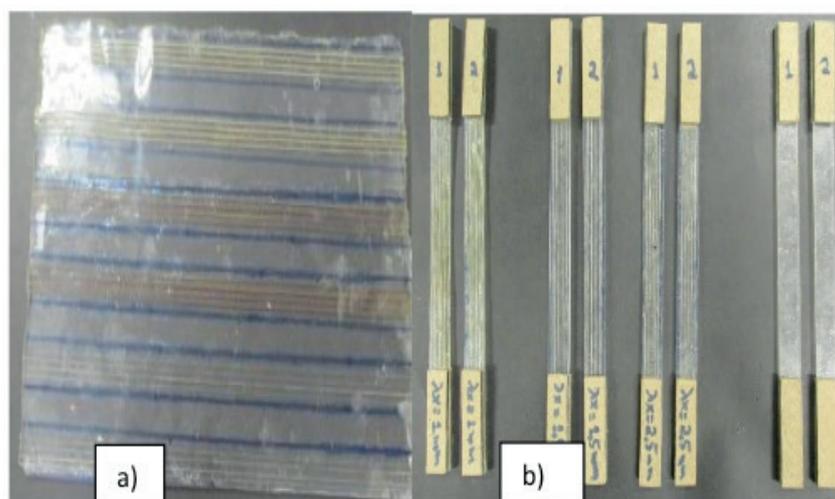


Figura 4. Placa (a) e (b) corpos de provas após o corte de acordo com a norma ASTM 3039(b).

Os teores de fibras, medidos no material processado através da Eq.1 para cálculo da fração mássica de cada espaçamento, onde  $W_f$  é fração mássica de fibras,  $w_f$  é massa de fibras e  $w_c$  é massa do compósito.

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} \quad (1)$$

### 2.3 Ensaio de tração

As amostras foram ensaiadas em Máquina de Ensaio Universal AROTEC WDW 100E Fig. (5), a uma velocidade de ensaio de 2 mm/min e comprimento útil para medição entre garras de 140mm. Os ensaios foram realizados em, sendo ensaiados 08 corpos de prova de cada condição.



Figura 5. Máquina de Ensaio Universal AROTEC WDW 100E.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Ensaio de tração

Os resultados de resistência à tração dos compósitos poliméricos com fibra de sisal mostraram que as propriedades mecânicas estão diretamente relacionadas com o espaçamento de fibras. Os melhores resultados foram para o espaçamento entre fibras de 1,5mm com resistência a tração de 26,32 MPa, em que houve um aumento da rigidez do compósito. Para o espaçamento de 2,5 mm entre fibras obteve a resistência à tração de 17,5MPa. A Tabela 1, a Fig. (6) mostram os resultados obtidos nos ensaios de tração.

| Espaçamento $\lambda_x$ (mm) | Propriedades do compósito      |                            |                |                |
|------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------|----------------|
|                              | Fração mássica de fibras (wt%) | Resistência à tração (MPa) | Deformação (%) | Módulo E (GPa) |
| 1,5                          | 0,78                           | 26,32                      | 4,522          | 1,106          |
| 2,5                          | 0,57                           | 17,5                       | 1,679          | 0,986          |

|        |   |       |       |       |
|--------|---|-------|-------|-------|
| Matriz | 0 | 23,19 | 4,996 | 0,964 |
|--------|---|-------|-------|-------|

Figura 5. Máquina de Ensaio Universal AROTEC WDW 100E

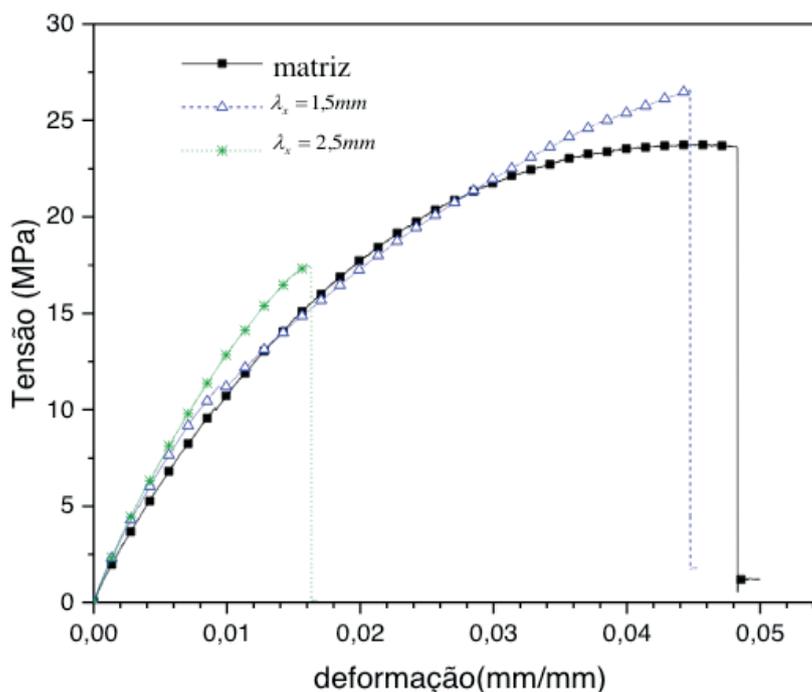


Figura 6. Gráfico tensão x deformação para os compósitos estudados

A partir dos resultados de tensão máxima, percebe-se que o melhor espaçamento para este compósito é o  $\lambda_x = 1,5$  mm Fig. (6), ou seja, aquele que possui porcentagem mássica de fibras de 0,78 wt %. Este proporcionou um aumento em torno de 50,4 % na resistência à tração e em torno de 12,17 % no módulo de elasticidade quando comparado ao compósito reforçado com 0.57 wt % de espaçamento de fibras  $\lambda_x = 2,5$  mm. Quando comparamos as propriedades desses compósitos contendo  $\lambda_x = 1,5$  mm com as propriedades da matriz pura, este aumento é maior, sendo ~13,5 % na resistência à tração e ~ 14,73 % no módulo de elasticidade. Para o espaçamento entre fibras de 2,5mm houve uma diminuição da resistência em torno de 32,51 % comparado com a matriz pura, já o módulo de elasticidade aumentou ~2,82%.

Gaffney e Botsis (1999) observaram o mesmo comportamento para compósitos com matriz epóxi reforçados fibras de vidro com contínuas e alinhadas, com menores espaçamentos de resultou em maior resistência mecânica. Sergio N monteiro *et al*, (2006) avaliaram a influência da fração mássica fração mássica de fibras, onde variaram de 5 a 30% a fração mássica de fibras de curauá onde obtiveram os melhores resultados para compósitos com 20%, porém nas suas pesquisas não houve controle de espaçamento entre fibras.

### 3.2. Morfologia da superfície de fratura

As superfícies de fratura das amostras de com espaçamento entre fibras de  $\lambda_x$

=1,5 mm e  $\lambda_x = 2,5$  mm submetidas ao ensaio de tração foram analisadas por imagens obtidas através de uma máquina fotográfica de alta resolução. A Figura. (7) mostra as imagens das superfícies para os materiais  $\lambda_x = 1,5$  mm e  $\lambda_x = 2,5$  mm.

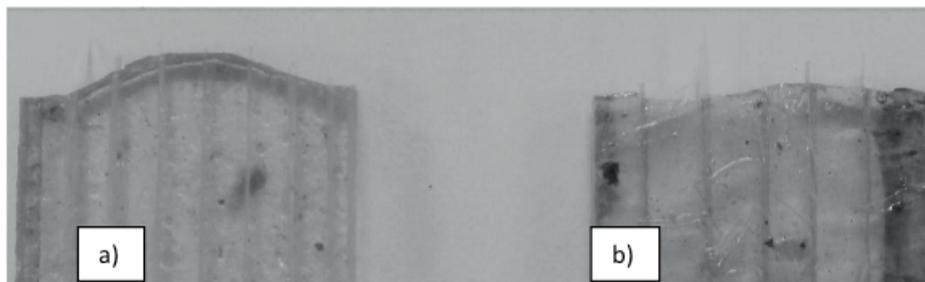


Figura 7. Imagens das fraturas para os materiais  $\lambda_x = 1,5$  mm e  $\lambda_x = 2,5$  mm.

Nas fotos da Figura. (8), observa-se que a fratura no corpo de prova com espaçamento de  $\lambda_x = 2,5$  mm foi perpendicular à direção da aplicação do carregamento, característica de fratura frágil, falha parcial de fibras de sisal. Podem ser observadas a poucos de vazios e a ausência de fibras arrancadas (pull out), característica de boa adesão interfacial, além disso, observando a Figura. (8) é possível identificar vários pontos de início de fratura ou linhas de propagação de trinca em cada fibra, para o compósito com espaçamento de 2,5 mm. Desta forma, observada na região de fratura frágil indicando que a falha ocorreu com propagação rápida de trincas.



Figura 8. Superfície de fratura para os compósitos com espaçamento entre fibras de 2,5 mm ( $\lambda_x = 2,5$  mm).

Com a diminuição do espaçamento de fibras ( $\lambda_x = 1,5$  mm) Fig.(9), ou seja, a fração mássica maior, houve o aumento de fratura das fibras e uma fratura moderadamente dúctil, caracterizada pela maior deformação do compósito, além disso, pode ser observado a nucleação da trinca na fibra central do compósito. Esta análise explica os resultados obtidos dos ensaios de tração das Figura 6 e Tabela 1.

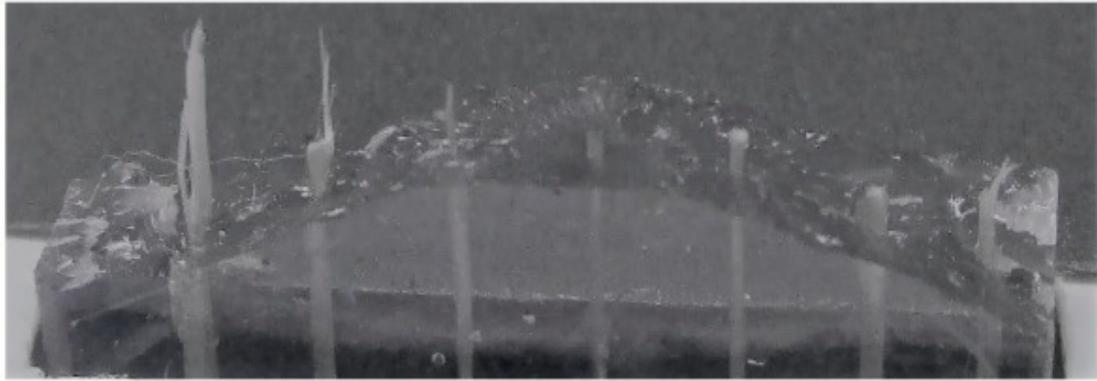


Figura 9. Superfície de fratura para os compósitos com espaçamento entre fibras de 2,5mm

( $\lambda_x = 2,5$  mm)..

#### 4 | CONCLUSÕES

Compósitos fabricados com fibras contínuas e alinhadas de sisal com espaçamento entre fibras de 1,5mm apresentaram resistência à tração superior ao de outros compósitos poliméricos reforçados, até mesmo do matriz poliéster. A partir de 2,5 de espaçamento entre fibra de sisal há um decréscimo da resistência mecânica de 32% em relação a matriz. O fator espaçamento de fibras assim como o alinhamento contribuem para maior resistência dos compósitos, além do aumento da rigidez.

A análise da superfície de fratura dos corpos de prova indicou que a fratura dos compósitos com espaçamento de fibras de 1,5 mm teve início de propagação de trica na fibra central propagando-se para demais fibras levando o colapso da matriz polimérica e conseqüentemente das fibras, possibilitando alcançar maior resistência à tração, o que caracterizou-se um reforço mecânico mais eficiente que com espaçamento de fibras de 2,5mm, onde a propagação se deu de maneira uniforme ocasionado uma fratura frágil no compósito

#### REFERÊNCIAS

ASTM - D3039/D3039M-08 “Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials”.

ANDRADE, S.M.C. **Avaliação de polietileno reciclado carregado com fibra de palma para confecção e módulo**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, 2007, 80 p. UFPA.

D. S. COSTA, W. R. BANNA, D. da S. COSTA e J. A. S. SOUZA. **Laminados De Matriz Polimérica E Fibras De Bambu Contínuas E Alinhadas**. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química CobeQ, 2014.

ROUISON, D.; SAIN, M.; COUTURIER, M. **Resin transfer molding of natural fiber reinforced composites: cure simulation**. *Composites Science and Technology*, n.64, p. 629-644, 2004.

SERGIO N. MONTEIROA, REGINA COELI M. P. AQUINOB, FELIPE P. D. LOPESA, EDUARDO A. DE CARVALHOA, JOSÉ ROBERTO M. D'ALMEIDAC. **Comportamento Mecânico e Características**

**Estruturais de Compósitos Poliméricos Reforçados com Fibras Contínuas e Alinhadas de Curauá.** Revista Matéria, v. 11, n. 3, pp. 197 □ 203, 2006.

SILVA, I. L. A. **Propriedades E Estrutura De Compósitos Poliméricos Reforçados Com Fibras Contínuas De Juta** .Tese de Doutorado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro , Campos Dos Goytacazes – Rj ,2014.

K.M. Gaffney, J. Botsis .**Deformation and fracture of a uniaxially reinforced composite material** Compos Sci Technol, 59 (12) (1999), pp. 1847–1859

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Henrique Ajuz Holzmann:** Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Alumina-zircônia 154, 156

Aptasensor 51, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 87, 88, 91, 92, 93

Área específica 108, 115, 116, 117, 142, 143

### B

Biogás 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35

Biomateriais 74, 75, 209

### C

CdTe/CdSe 161, 162, 163, 164, 165, 168, 169, 170

Compósito 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21

Conversão 108, 110, 112, 115, 116, 118

### E

Eletrofiação 73, 74, 75, 77, 79, 80, 81, 83, 119, 122, 123, 124, 125, 126, 131

Eletroquímica 52, 53, 55, 57, 60, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 87, 88, 89, 91, 92, 189

Engenharia tecidual 74

Espaçamento de fibra 1

### F

Fase Anatase 133, 135, 136, 140, 141, 142, 143

Fator de Qualidade 146, 147, 151, 152

Fibra de Juta 10, 12, 22

Fibra de vidro 10, 12, 13, 20, 21

Fibras de carbono 36, 37, 38, 40, 49

Fibras de sisal 1, 2, 3, 7, 14

Fibras naturais 1, 2, 10, 11, 12, 13, 21

Filtro 23, 28, 33, 97

Fosfato metálico 133

Fotocatálise 133, 134, 135, 142, 144

### G

Gelatina 108, 110, 111

Genossensores 64, 65, 66

### H

H<sub>2</sub>S 23, 24, 25, 28, 29, 32, 33, 34

Híbrido 10, 13, 21

## I

Indutores Internos 146, 151

## L

Laminados 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21

LaNiO<sub>3</sub> 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 131

## M

Meniscos 73, 74, 75, 80, 81, 83

Microdomínios 36, 38, 40, 44, 45, 46, 47, 48, 49

## N

Nanocompósito 96, 99, 101, 104, 105

Nanocristais 162

Nanopartículas de Ouro 63, 66, 68

Nanotubo de carbono 51, 87

Neuroesquistossomose 63, 64, 65, 70, 71, 72

Núcleo/casca 162

## O

Ocratoxina A 51, 52, 87, 88

Óxido de zinco 51, 52, 54, 87, 89, 90, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 106, 205, 206

## P

Pechini 23, 24, 27, 34, 108, 109, 110, 111, 118

Perovskita 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 120

Piche mesofásico 36, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 48, 49

Poli(ácido lático) 96, 97

Propriedades mecânicas 1, 2, 5, 10, 12, 13, 21, 36, 37, 38, 49, 75, 83, 97, 98, 104, 106, 154, 155, 156, 158, 159, 209

## R

Rádio Frequência 146, 147

## S

Síntese coloidal 162

Sol-Gel 122, 132, 133, 134, 136, 144

## T

Teoria mesoscópica do contínuo 36, 39

## U

Umidade 12, 14, 23, 24, 25, 27, 28, 31, 32, 33, 52, 77, 97, 123, 137, 230, 239, 240, 241

