

Engenharia de Materiais e Metalúrgica: Tudo à sua Volta 2

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)



Atena
Editora
Ano 2021

Engenharia de Materiais e Metalúrgica: Tudo à sua Volta 2

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)



Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. 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^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª 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 Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

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

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
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. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
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^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
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^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^ª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
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
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
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
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
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
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Engenharia de materiais e metalúrgica: tudo à sua volta 2

Editora Chefe: Prof^ª Dr^ª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremona
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia de materiais e metalúrgica: tudo à sua volta 2 / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5706-962-2
DOI 10.22533/at.ed.622210504

1. Engenharia. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. Título.
CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

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. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Boa leitura.

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL E PERFIL DE MICRODUREZA DE AÇO API 5L X80 OBTIDO POR PROCESSO TMCR

Cláudio Beserra Martins Júnior
Ana Larissa Soares Cruz
Ermeson David dos Santos Silva
Nicolas Moreira de Carvalho Gomes
Vinícius Pereira Bacurau
Maria das Dores Bandeira Barroso
Rosilda Benício de Souza
Edvânia Trajano Teó ilo

DOI 10.22533/at.ed.6222105041

CAPÍTULO 2..... 14

INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E MICROESTRUTURA DO AÇO SAE 1035 PELO PROCESSO GMAW

Charlon Widson Leite Costa
José Costa de Macêdo Neto
Adalberto Gomes de Miranda
Luiz Antônio de Verçosa

DOI 10.22533/at.ed.6222105042

CAPÍTULO 3..... 29

INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO TÉRMICO DE NORMALIZAÇÃO NA MICROESTRUTURA E PROPRIEDADES MECÂNICAS DO AÇO SAE 1035 UTILIZADO EM MOTOCICLETAS

Andrews Raphael da Silva Vieira
José Costa de Macêdo Neto
Adalberto Gomes de Miranda
Luiz Antônio de Verçosa
Gilberto García Del Pino
Reinaldo de Almeida Rodrigues
Denise Andrade do Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.6222105043

CAPÍTULO 4..... 40

INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO CRIOGÊNICO PROFUNDO NAS TEMPERATURAS DE TRANSFORMAÇÃO DE FASE E NA ESTABILIZAÇÃO DA CAPACIDADE DE RECUPERAÇÃO DE FORMA DA LIGA Cu-14Al-4Ni COM EFEITO MEMÓRIA DE FORMA

Marcelo Nava
Emmanuel Pacheco Rocha Lima

DOI 10.22533/at.ed.6222105044

CAPÍTULO 5..... 63

ANÁLISE DE FALHA POR FRATURA EM PLACA NÃO ABSORVÍVEL PARA OSTEOSSÍNTESE

Luís Eduardo da Cunha Ferro

Jorge de Souza e Silva Neto
Daniel Kioshi Kawasaki Cavalcanti
Rosemere de Araújo Alves Lima
Marília Garcia Diniz
DOI 10.22533/at.ed.6222105045

CAPÍTULO 6..... 76

PROTEÇÃO ANTICORROSIVA PARA ESTRUTURAS DE AÇO EM ATMOSFERAS INDUSTRIAIS E MARINHAS COM SISTEMA DE TINTA BASE AQUOSA ACRÍLICA

Idalina Vieira Aoki
Fernando Cotting
Paulo Cezar Maziero Tiano

DOI 10.22533/at.ed.6222105046

CAPÍTULO 7..... 92

COLORAÇÃO DO TITÂNIO COM LASER E RUGOSIDADE

Luis Miguel Moncayo Morales
Carlos Nelson Elias
Francielly Moura de Souza Soares
Dyanni Manhães Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.6222105047

CAPÍTULO 8..... 100

AVALIAÇÃO DE PROCESSOS DE CORROSÃO INFLUENCIADA MICROBIOLOGICAMENTE EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Mariana Isabeli Valentim
José Carlos Alves Galvão
Karoline Caetano da Silva
Rozane de Fatima Turchiello Gomez

DOI 10.22533/at.ed.6222105048

CAPÍTULO 9..... 111

ANÁLISE DA RECUPERAÇÃO DE CROMO NA LAMA DE ACIARIA POR MEIO DE BRIQUETES AUTORREDUTORES À BASE DE CARBONO

Raphael Mariano de Souza
Diego Santa Rosa Coradini
José Roberto de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.6222105049

CAPÍTULO 10..... 120

RESPOSTA AO IMPACTO BALÍSTICO DE COMPÓSITOS DE ALUMINA-UHMWPE IRRADIADOS COM RAIOS GAMA

André Ben-Hur da Silva Figueiredo
Hélio de Carvalho Vital
Ricardo Pondé Weber
Édio Pereira Lima Júnior
João Gabriel Passos Rodrigues
Letícia dos Santos Aguilera

Ronaldo Sergio de Biasi

DOI 10.22533/at.ed.62221050410

CAPÍTULO 11..... 133

INFLUÊNCIA DA TÉCNICA “TWO STEPS SINTERING” NA REDUÇÃO DA POROSIDADE DAS CERÂMICAS VERMELHAS

André Lucas Reboli Pagoto

Valdi Antonio Rodrigues Junior

DOI 10.22533/at.ed.62221050411

CAPÍTULO 12..... 138

COMPARAÇÃO ENTRE POLI (acrilonitrila-co-butadieno-co-estireno) (ABS) E POLIPROPILENO (PP). POR QUE POLÍMEROS COM ÍNDICE DE FLUIDEZ SIMILARES NÃO APRESENTAM O MESMO DESEMPENHO TÉRMICO E MECÂNICO?

Rogério Massanori Sakahara

Wang Shu Hui

Daniel José da Silva

Luiz Henriques

DOI 10.22533/at.ed.62221050412

CAPÍTULO 13..... 151

UMA SÍNTESE DOS AVANÇOS EM MATERIAIS COMPÓSITOS DE POLIURETANO NA REMOÇÃO DE ÓLEO DA ÁGUA

Karen de França Gonçalves

Luiz Fernando do Nascimento Vieira

Ricardo Pondé Weber

Sergio Neves Monteiro

DOI 10.22533/at.ed.62221050413

CAPÍTULO 14..... 164

FIBRA DE BAMBU: UMA NOVA ALTERNATIVA PARA COMPÓSITOS POLIMÉRICOS

Bárbara Maria Ribeiro Guimarães

Marcelo Barbosa Furtini

Josy Antevêli Osajima

José Benedito Guimarães Junior

DOI 10.22533/at.ed.62221050414

CAPÍTULO 15..... 174

MEMBRANAS DE QUITOSANA-BIOATIVO NATURAL PARA USO POTENCIAL COMO CURATIVOS

Itamara Farias Leite

Wwandson Felipe Wanderley

Alanne Tamize de Medeiros Salviano

DOI 10.22533/at.ed.62221050415

CAPÍTULO 16..... 187

SÍNTESE DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE UMA MEMBRANA BIOLÓGICA

OBTIDA A PARTIR DA FIBROÍNA PRESENTE NO CASULO DO BICHO DA SEDA

Ingrid Russoni de Lima

Mara Carolina do Carmo Paresque

Lucas Furtado Loesh Pereira

Bonifácio de Oliveira Fialho

Heleno Souza da Silva

Renata Antoum Simão

José Adilson de Castro

Gláucio Soares Fonseca

DOI 10.22533/at.ed.62221050416

SOBRE OS ORGANIZADORES200

ÍNDICE REMISSIVO.....201

FIBRA DE BAMBU: UMA NOVA ALTERNATIVA PARA COMPÓSITOS POLIMÉRICOS

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 08/03/2021

Bárbara Maria Ribeiro Guimarães

Universidade Federal do Piauí
Teresina-Piauí
<http://lattes.cnpq.br/2888861556363247>

Marcelo Barbosa Furtini

Universidade Federal do Piauí
Teresina - Piauí
<http://lattes.cnpq.br/8250382504845592>

Josy Anteveli Osajima

Universidade Federal do Piauí
Teresina-Piauí
<http://lattes.cnpq.br/4805147682740024>

José Benedito Guimarães Junior

Universidade Federal de Lavras
Lavras-Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/5497377793349287>

RESUMO: Com o intuito de minimizar os problemas ambientais, têm-se desenvolvido novos materiais, como compósitos poliméricos utilizando fibras naturais como estruturas de reforço. Tais fibras estão se tornando alternativas atrativas por serem abundantes, de baixo impacto ambiental quando descartadas, biodegradáveis e renováveis. Além de apresentarem facilidade na sua obtenção e no seu manuseio, apresentam também baixa abrasão de equipamentos e moldes. Neste sentido, os compósitos poliméricos com fibras vegetais,

surtem como uma boa alternativa no campo dos materiais para aplicações em engenharia. Quando comparados com outros materiais poliméricos, esses possuem baixa densidade e alta resistência específica, o que os torna adequados para serem utilizados principalmente nas indústrias automotiva, moveleira e de construção civil, dentre outras indústrias. Desta forma, o presente estudo tem como objetivo a caracterização das fibras de bambu, juntamente com a produção e análise das propriedades mecânicas de corpos de prova oriundos de fibras de bambu em mistura com adesivo à base de paraformaldeído e resorcina-formol. Para tanto as fibras de bambu foram secadas em estufa até 3% de umidade. Foram avaliando 3 corpos de prova na porcentagem em massa de: 25% de bambu, 15% de paraformaldeído e 60% de resina resorcina-formol de modo que as formas vazadas, com um volume total de 5mL, fossem completamente preenchidas. Posteriormente esses corpos de prova foram retirados das placas e climatizados por um período de 24 horas para a cura da resina. Foram avaliadas a umidade e a densidade básica das fibras de bambu. Quanto ao polímero, foram avaliadas as propriedades mecânicas de: a) resistência à tração (RT) e b) módulo de elasticidade (MOE). As fibras apresentaram umidade de aproximadamente 45,92% e densidade básica de $0,41 \pm 0,01 \text{ g/cm}^3$. Já os compósitos apresentaram resistência média a tração (RT) de $2,53 \pm 0,75 \text{ MPa}$ e módulo de elasticidade (MOE) de $61,94 \pm 4,73 \text{ MPa}$.

PALAVRAS-CHAVE: Bambu, resina resorcina, fibras, compósitos.

BAMBOO FIBER: A NEW ALTERNATIVE FOR POLYMERIC COMPOSITES

ABSTRACT: In order to minimize environmental problems, there are developed new materials, such as polymeric composites using natural fibers as reinforcement structures. Such fibers are becoming attractive alternatives because they are abundant, with low environmental impact when discarded, biodegradable and renewable. In addition to being easy to obtain and handle, they also have low abrasion of equipment and molds. In this sense, polymeric composites with vegetable fibers, appear as a good alternative in the field of materials for engineering applications. When compared with other polymeric materials, they have low density and high specific resistance, which makes them suitable for use mainly in the automotive, furniture and civil construction industries, among other industries. In this way, the present study aims to characterize bamboo fibers, together with the production and analysis of the mechanical properties of specimens from bamboo fibers mixed with adhesive based on paraformaldehyde and resorcin-formaldehyde. For that, the bamboo fibers were dried in an oven to 3% humidity. Three specimens were evaluated in the mass percentage of: 25% bamboo, 15% paraformalene and 60% resorcinol-formaldehyde so that the hollow forms, with a total volume of 5mL, were completely filled. Subsequently, these specimens were removed from the plates and air-conditioned for a period of 24 hours to cure the resin. The moisture and basic density of bamboo fibers were evaluated. As for the polymer, the mechanical properties of: a) tensile strength (RT) and b) modulus of elasticity (MOE) were evaluated. The fibers had a moisture content of approximately 45.92% and a basic density of $0.41 \pm 0.01 \text{ g / cm}^3$. The composites had an average tensile strength (RT) of $2.53 \pm 0.75 \text{ MPa}$ and an elastic modulus (MOE) of $61.94 \pm 4.73 \text{ Mpa}$.

KEYWORDS: Bamboo, resorcin resin, fibers, composites.

1 | INTRODUÇÃO

O esgotamento dos recursos fósseis tem levado a humanidade a explorar soluções renováveis, dentre essas soluções os compósitos vêm se destacando (RICHMOND et al., 2021). Os compósitos são materiais compostos por dois ou mais constituintes de diferentes propriedades químicas e físicas. O material obtido possui propriedades diferentes de seu material original. Geralmente são compostos por duas fases: uma é chamada de matriz, que é contínua e envolve a outra fase (fase reforço ou dispersa) (CALLISTER; WILLIAM, 2008).

A fase matriz pode ser cerâmica, metálica ou polimérica, sendo responsável por proteger o reforço além de distribuir a carga aplicada ao compósito igualmente, enquanto que a fase reforço é responsável por conferir ao material, propriedades mecânicas como tenacidade e rigidez. A combinação de matrizes poliméricas com materiais de reforços leva à formação de estruturas com propriedades mecânicas superiores às das matrizes poliméricas (OSTWALD, 2010).

Atualmente, a utilização de fibras vegetais como reforço em matrizes poliméricas está em alta, o que pode ser conferido pelo grande número de publicações nos últimos anos (DUNNE et al., 2016; SCHERER; BOM, 2018).

Entretanto, a utilização das fibras naturais como agente de reforço em compósitos ainda possui muitos desafios para tornarem-se amplamente utilizadas como materiais de engenharia. Contudo, devido a sua menor abrasividade quando comparadas às fibras inorgânicas, tradicionalmente utilizadas como reforço de matrizes poliméricas termoplásticas e termofixas, seu uso possibilita menor desgastes aos equipamentos que estão envolvidos durante o seu processamento (SANCHEZ et al., 2010).

Outras características importantes desse material que o torna uma boa alternativa para a indústria de compósito são sua baixa densidade, facilidade quanto ao seu manuseio, oferta contínua e caráter biodegradável (VERMA; JAIN, 2017). Apresentam também baixo custo, flexibilidade durante o processamento e rigidez específica, características que o torna um material atraente para os fabricantes. (FARUK et al., 2012), além do seu caráter renovável (BODROS; BALEY, 2007). Ademais, o seu uso permite reciclar uma grande variedade de resíduos ou subprodutos naturais (QUILES-CARRILLO et al., 2021).

Dentre essas fibras, as de bambu vem sendo bastante utilizadas na geração de vários tipos de materiais compósitos tais como: madeira laminada de bambu, OSB (*Orientated Strand Board*) obtido a partir das partículas de bambu, compósitos de plástico e bambu dentre outros (WU et al., 2021; FEBRIANTO et al., 2015; SONG et al., 2015, LOPES et al., 2019; KUMARI et al., 2020).

O bambu é conhecido por ser a planta que mais cresce mundialmente, tendo uma taxa de crescimento que varia de 30 a 100 mm por dia, com rápido crescimento em comparação com plantas lenhosas, atingindo a fase adulta em apenas quatro anos, outra característica dessa espécie é a sua capacidade de absorção de dióxido de carbono maior em comparação a plantas lenhosas (YASIN; HAZA; SUTRISNO, 2018), o que o torna um material promissor para indústria de compósitos (DOS SANTOS; SARON, 2012).

Desta forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar o potencial da utilização de fibras de bambu em matriz termofixas a fim de obter um novo produto que possa ser substituto as tradicionais matérias de reforço utilizados pela indústria de compósitos poliméricos.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção da matéria prima

O adesivo utilizado (mistura de resorcina-formol e paraformaldeído) foi da empresa Derquin S.A, do laboratório Experimental de Painéis de Madeira, localizado no Campus da Universidade Federal de Lavras.

Para a confecção dos compósitos foram utilizadas como matéria-prima fibras de bambu. Esse material foi cortado, posteriormente seccionado e seco em posição vertical a fim de evitar o apodrecimento, por um período de 20 dias. Logo após, esse material foi deixado em tanque de aquecimento com água a uma temperatura de 50°C durante 48

horas para a retirada do amido que estava presente em suas estruturas e que causam apodrecimento dos mesmos. Esse aquecimento também facilita o processo de geração de partículas das partículas para posterior confecção dos compósitos.

2.2 Caracterização da matéria prima

Foram caracterizadas as propriedades físicas teor de umidade e densidade básica do bambu.

2.2.1 Determinação do teor de Umidade, densidade básica

Para o cálculo do teor de umidade, a massa úmida das fibras de bambu foi pesada, sendo acondicionadas em estufa a 100°C durante 24 horas para sua secagem. Após isso, a massa seca das fibras foi aferida para que assim fosse possível calcular a umidade de acordo com a equação abaixo.

$$U=(Mu - Ms / MS) X100$$

U = Teor de Umidade (%)

Mu =Massa úmida (g)

Ms = Massa seca em estufa (g).

A densidade básica das fibras de bambu foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Vital (1984). Todos os testes foram realizados em triplicata.

2.3 Preparação dos corpos de prova

Para o preparo dos corpos de prova, as fibras de bambu foram secadas durante 30 minutos em estufa à temperatura de 105°C para que toda a água fosse evaporada.

Em um béquer foram adicionados a resina formol e o paraformaldeído e as fibras de bambu secas, utilizando 25% de bambu, 15% de paraformaldeído e 60% de resorcina-formol resina de modo que as formas vazadas, com um volume total de 5mL, fossem completamente preenchidas.

Em seguida, essas formas com a mistura foram prensadas à temperatura ambiente e quando retiradas foram acondicionados em sala de climatização a uma temperatura de $22 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $65 \pm 5\%$ até a obtenção de massa constante e para a cura completa do compósito e posterior avaliação das suas propriedades mecânicas. A sequência de produção dos compósitos pode ser visualizada na figura 1.



Figura 1 Etapas de produção dos compósitos.

2.4 Análise das propriedades do compósito

Os procedimentos e parâmetros adotados para a execução dos testes mecânicos, bem como números de corpos de prova e suas respectivas dimensões foram estabelecidos de acordo com a norma NBR 9622. Sendo avaliadas as propriedades mecânicas de resistência a tração e módulo de elasticidade (MOE).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização física das fibras de bambu

Nas tabelas a seguir estão apresentados os resultados médios obtidos de umidade e densidade básica para as fibras de bambu.

Variáveis	Umidade (%)	Densidade básica (g/cm ³)
Média	45,92	0,155
Desvio padrão	2,96	0,01

Tabela 1: Teor de umidade e densidade básica obtidas das fibras de bambu.

A média geral do teor de umidade e da densidade básica das amostras provenientes das fibras de bambu foi de 45,92% e 0,1555 g/cm³ (TABELA 1). Brito et al. (2015) relataram

teor de umidade de 60% e densidade básica de $0,66 \text{ g/cm}^3$ em relação as fibras de bambu.

Enquanto que, Rusch, Ceolin e Hillig (2019) ao avaliarem diferentes espécies de bambu observaram valores de densidade básica variando e $0,451 \text{ g cm}^{-3}$ e $0,780 \text{ g cm}^{-3}$, evidenciando grande variabilidade entre elas. Segundo os mesmos autores, essa variação quanto a densidade básica pode estar relacionada às condições edafoclimáticas como: disponibilidade de nutrientes no solo, variações de temperatura, tipo de clima e condições topográficas locais.

Entretanto, esse valor de densidade é próximo aos valores encontrados para outras fibras lignocelulósicas como sabugo de milho ($0,170 \text{ g/cm}^3$) (Scatolino et al., 2013), pseudocaule de bananeira ($0,100 \text{ g/cm}^3$) (Guimarães et al., 2014), bagaço de cana de açúcar ($0,120 \text{ g/cm}^3$) (Soares et al., 2017).

3.2 Análise das propriedades do compósito

A Figura 2 retrata as curvas típicas do ensaio de tração vs alongamento dos compósitos de fibras naturais de bambu juntamente com a resina resorcina-formol e paraformaldeído.

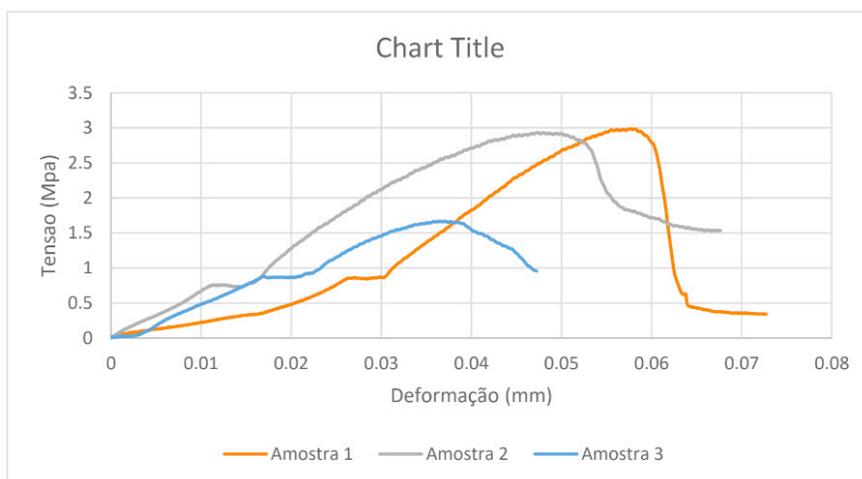


Figura 2 Gráfico de tensão-deformação

Com o gráfico tensão deformação é possível extrair algumas propriedades do material utilizado, tais como: as propriedades mecânicas de limite de resistência a tração (RT) e módulo de elasticidade na tração (MOE) para os compósitos produzidos (Tabela 2).

Variáveis	RT (MPa)	MOE (MPa)
Média	2.527	61.936
Desvio padrão	0.749	4.737

Tabela 2 - Propriedades mecânicas da no ensaio de tração

Os valores de resistência a tração para os compósitos obtidos foram de 2,52 MPa, enquanto o módulo de elasticidade foi de 61,93 MPa (Tabela 2). Pires et al. (2012) avaliando o efeito do tratamento alcalino em fibras de Juta no comportamento mecânico de compósitos de matriz epóxi, observaram valores de resistência a tração aproximado de 42 MPa, 45 MPa e 55MPa e módulo estático de 1800MPa, 1600MPa e 500 MPa para a compósitos com fibras tratadas com NaOH, compósitos com fibras sem tratamento e compósitos puro.

Ao passo que, Wearn, Montagna e Passador (2020) observaram em relação a resistência a tração e módulo de elasticidade valores variando de 7,10 a 9,42 MPa e 72,86 a 176,55 MPa em compósitos poliméricos de LDPE (polietileno de baixa densidade) reforçados com diferentes teores de fibra de coco (5 e 10% m/m).

De forma geral, os valores obtidos para os testes mecânicos de resistência a tração (RT) e módulo de elasticidade (MOE) apresentaram-se inferiores aos valores encontrados em literatura para compósitos poliméricos em que foram utilizadas fibras vegetais como reforço em sua constituição. Tal fato pode ser atribuído à incompatibilidade entre o Bambu e a matriz polimérica (baixa adesão bambu/matriz).

Segundo Fávoro et al. (2010), essa baixa resistência à tração pode ser explicada pelo efeito da tensão da região limite matriz/fibra concentrar-se em torno da partícula de reforço, o que promove descolamento nessa região. Uma alternativa para obter melhores resultados quanto a essa propriedade seria a utilização de agentes modificadores que contribuam para uma melhor agregação.

4 | CONCLUSÕES

As fibras de bambu apresentaram teor de umidade de 45,92% e densidade básica 0,155 g/cm³, sendo próximos aos valores encontrados para outras fibras lignocelulósicas quanto a densidade básica.

O compósito polimérico obtido a partir de fibras de bambu e resina resorcina-formol misturada a paraformaldeído apresentaram baixa propriedade mecânica de resistência a tração e módulo de elasticidade quando comparados a trabalhos encontrados em literatura.

Apesar de apresentar propriedades mecânicas abaixo dos valores mecânicos encontrados em literatura os resultados confirmam que o uso da fibra de bambu é promissor

visando o desenvolvimento de novos materiais considerados verdes.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9622/1986** – Determinação das Propriedades Mecânicas à Tração. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=8230>>. Acesso em: 2 de fevereiro de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: 1997 – Projeto de Estruturas de Madeira: 1997. Rio de Janeiro, 1997.

BODROS, E.; BAILEY, C. **Study of tensile properties of stinging nettle fibers (*Urtica dioica*)**, Materials Letters, v. 62, n. 14, p. 2143-2145, 2007.

BRITO, F. M. S.; PAES, J.B.; OLIVEIRA, J. T. S.; ARANTES, M. D. C.; NETO, H. F. **Caracterização Anatômica e Física do Bambu Gigante (*Dendrocalamus giganteus* Munro)**. Floresta e Ambiente, v.22, n.4; p559-566, 2015.

CALLISTER, J.; WILLIAM D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**.7. ed. Rio de Janeiro: LTC. 705 p. 2008.

DOS SANTOS, E.P.; SARON, C. **Amido e seus compósitos: alternativas promissoras como novos materiais**. Cadernos UniFOA Edição Especial do Curso de Mestrado Profissional em Materiais - junho/2012.

DUNNE R.; DESAI D.; SADIKU R.; JAYARAMUDU, J. **A review of natural fibres, their sustainability and automotive applications**. Journal of Reinforced. Plastics and Composites. v. 35, n.13, p. 1041–50, 2016.

FÁVARO, S. L.; GANZERLI, T. A.; DE CARVALHO NETO, A. G. V.; DA SILVA, O. R. R. F.; RADOVANOVIC, E. **Chemical, morphological and mechanical analysis of sisal fiberreinforced recycled high-density polyethylene composites**. eXPRESS Polymer Letters, v. 4, n. 8, p. 465-473, 2010.

FARUK, O.; BLEZKI, A. K.; FINK, H. S.; SAIN, M.; **Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000-2010**, Progress in Polymer Science, v. 37, n. 11, p. 1552 – 1596, 2012.

FEBRIANTO, F.; JANG.; J.H.; LEE, S. H.; SANTOSA, I. A.; HIDAYAT, W.; KWON, J.H.; KIM, N.H. **Effect of Bamboo Species and Resin Content on Properties of Oriented Strand Board Prepared from Steam-treated Bamboo Strands**. Bioresources, v. 10, n. 2, p. 2642 – 2655, 2015.

GUIMARAES, B. M.R. G.; MENDES, L. M.; TONOLI, G. H. D.; BUFALINO, L.; MENDES, R. F.; GUIMARÃES JR, J. B. **Chemical treatment of banana tree pseudostem particles aiming the production of particleboards**. Ciência e Agrotecnologia, v. 38, n. 1, Lavras Jan./Feb. 2014.

KUMARI, S.; KUMAR, R.; RAI, B.; SIROHI, S.; KUMAR, G. **Study on the modification of polyester resin bamboo fiber-based composite with euphorbia coagulum and their effect on mechanical and thermal properties**. Journal of Composite Materials, v. 54, p.24, 2020.

LOPES, C. E. P.; GOMES, I. S.; DE VILHENA, E. S.; PEREIRA, L. C. O.; DE VILHENA, E. S.; DIAS, R. S. M.; OLIVEIRA, A. B. S.; CINTRA, A. A. S.; DA COSTA, D. S.; EL BANNA, W. R.; BITENCOURT JÚNIOR, A. H. S.; FUJIYAMA, R. T. Colmos de caule de bambu e da cana-de-açúcar para a fabricação de compósitos poliméricos. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 5, n. 6, p. 6364-6375, 2019.

OSTWALD, T. **Materials Science of Polymers for Engineer**. Hanser Publisher, N.Y., 2010.

QUILES-CARRILLO, L.; BALART, R.; BORONAT, T.; TORRES-GINER, S.; PUGLIA, D.; DOMINICI, F.; TORRE, L. **Development of Compatibilized Polyamide 1010/Coconut Fibers Composites by Reactive Extrusion with Modified Linseed Oil and Multi-functional**. *Fibers and Polymers*, 2021. Petroleum Derived Compatibilizers.

RICHMOND, T.; LODS L.; DANDURAND, J.; DANTRAS E.; LACABANNE, C.; DURAND, J.M.; SHERWOOD, E.; PONTEINS P. **Thermal and mechanical performances of bamboo strip**. *Materials Research Express*, v.8, 2021

RUSCH, F.; CEOLIN, G. B.; HILLIG, E. Morphology, density and dimensions of bamboo fibers: a bibliographical compilation. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, 2019.

SANCHEZ, E. M.S.; CAVANI, C. S.; LEAL, C. V.; SANCHEZ, C. G. **Compósito de resina de poliéster insaturado com bagaço de cana-de-açúcar: influência do tratamento das fibras nas propriedades**. *Polímeros*, v.20, n.3, p. 194-200, 2010.

SCATOLINO, M. V.; SILVA, D. W.; MENDES, R. F.; MENDES, L. M. **Use of maize cob for production of particleboard**. *Ciência e Agrotecnologia*, v. .37, n. .4 Lavras July/Aug. 2013.

SCHERER J F.; BOM R P. **Determination of shear modulus in bamboo fibers composite in torsion tests**, *Materials Research Express*, 2018.

SOARES, S.S.; GUIMARÃES JUNIOR, J.B.; MENDES, L.M.; MENDES, R.F.; PROTÁSIO, T. P.; LISBOA, F. N. **Valorização do bagaço de cana-de-açúcar na produção de painéis aglomerados de baixa densidade**. *Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)*, v.8, n. 2, p.64-73, 2017.

SONG, W.; ZHAO, F.; YU, F.; WANG, C.; WEI, W.; ZHANG, S. **Interfacial Characterization and Optimal Preparation of Novel Bamboo Plastic Composite Engineering Materials**. *Bioresources*, v.10, n.3, p.5049-5070, 2015.

PIRES, E. N.; MERLINI, C.; AL-QURESHI, H. A.; SALMORIA, G. V.; BARRA, G. M. O. **Efeito do tratamento alcalino de fibras de juta no comportamento mecânico de compósitos de matriz epóxi**. *Polímeros*, v. 22, n. 4, p. 339-344, 2012.

VERMA D.; JAIN S. **Effect of natural fibers surface treatment and their reinforcement in thermo-plastic polymer composites: A review**. *Current Organic Synthesis*, v. 14, n. 2, p. 186–199, 7 fev. 2017.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1984. 21 p. (Boletim técnico, 1).

WEARN, Y. N.; MONTAGNA, L. S.; PASSADOR, F. R. **Compósitos de fibra de coco/LDPE: efeito do tratamento superficial das fibras de coco em compósitos verdes.** *Matéria*, v.25, n.1, 2020.

WU, J.; YUAN, H.; WANG, W.; WU, Q.; GUAN, X.; LIN, J.; LI, J. **Development of laminated bamboo lumber with high bond strength for structural uses by O-2 plasma.** *Construction and building materials*, v. 269, n. 1, 2021.

YASIN, I.; HAZA, Z.H.; SUTRISNO, W. **Mechanical Properties of Bamboo as Green Materials to Reduce the Global Warming Effect,** *Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, v. 52, n.1, p.46-54, 2018.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aciação elétrica 111, 119
Aço inoxidável 28, 63, 64, 68, 74, 111, 112, 113
Aços ARBL 1, 2
Ambientes agressivos 76, 89

B

Bambu 164, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172
Blindagem balística 120

C

Cicatrização 67, 174, 175, 181, 182
Coloração 92, 93, 94, 95, 96, 176, 179, 193
Compactação 133
Compósito 120, 122, 123, 124, 125, 130, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 172
Corrosão 64, 69, 70, 71, 73, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 92, 93, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 200

E

Efeito memória 40, 41, 47, 51, 58, 59, 60, 61
Esponjas de poliuretano 151

F

Fadiga 63, 64, 69, 70, 71, 72, 73, 74
Fibras 153, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 189
Fibroína 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199

I

Impacto 24, 120, 121, 122, 124, 129, 130, 134, 138, 139, 141, 144, 145, 146, 149, 156, 164

L

Liofilização 187, 188, 190, 191, 193, 198, 199

M

Membranas 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 198, 199
Metálica 16, 79, 100, 102, 118, 165

Microdureza 1, 2, 4, 5, 7, 8, 14, 16, 19, 20, 22, 23, 26, 28, 29, 31, 34, 40, 42, 47, 56, 57, 58, 59, 63

Microestrutura 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 39, 42, 46, 50, 59, 65, 149

MIG 14, 15, 16, 17, 27, 28

O

Óleo de rã 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 184

Óxido de Ti 92

P

Penetração de solda 14, 25, 26

Prótese femoral 63

Q

Quitosana 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 183, 184, 185, 186, 199

R

Recuperação 40, 41, 47, 48, 58, 59, 60, 111, 113, 116, 117, 118, 119

Redução 9, 3, 6, 7, 40, 48, 51, 58, 59, 60, 67, 100, 111, 112, 113, 117, 118, 133, 139, 141, 149

Remoção de óleo 151

Resíduos 107, 111, 112, 119, 151, 160, 166, 175

Resíduos siderúrgicos 111

Resina 164, 167, 169, 170, 172

Revestimento acrílico 76

Rota térmica 133

Rugosidade 79, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 154, 155, 192

T

Temperatura 3, 15, 23, 24, 26, 30, 32, 35, 41, 46, 47, 48, 49, 51, 54, 76, 85, 97, 102, 103, 114, 116, 122, 123, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 156, 166, 167, 169, 176, 177, 178, 185, 191

Tintas 76, 77, 78, 79, 85

Tratamento criogênico 40, 41, 48, 59, 60

Tratamento de esgoto 100, 102, 106, 109, 110

Engenharia de Materiais e Metalúrgica: Tudo à sua Volta

2

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Engenharia de Materiais e Metalúrgica: Tudo à sua Volta

2

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br