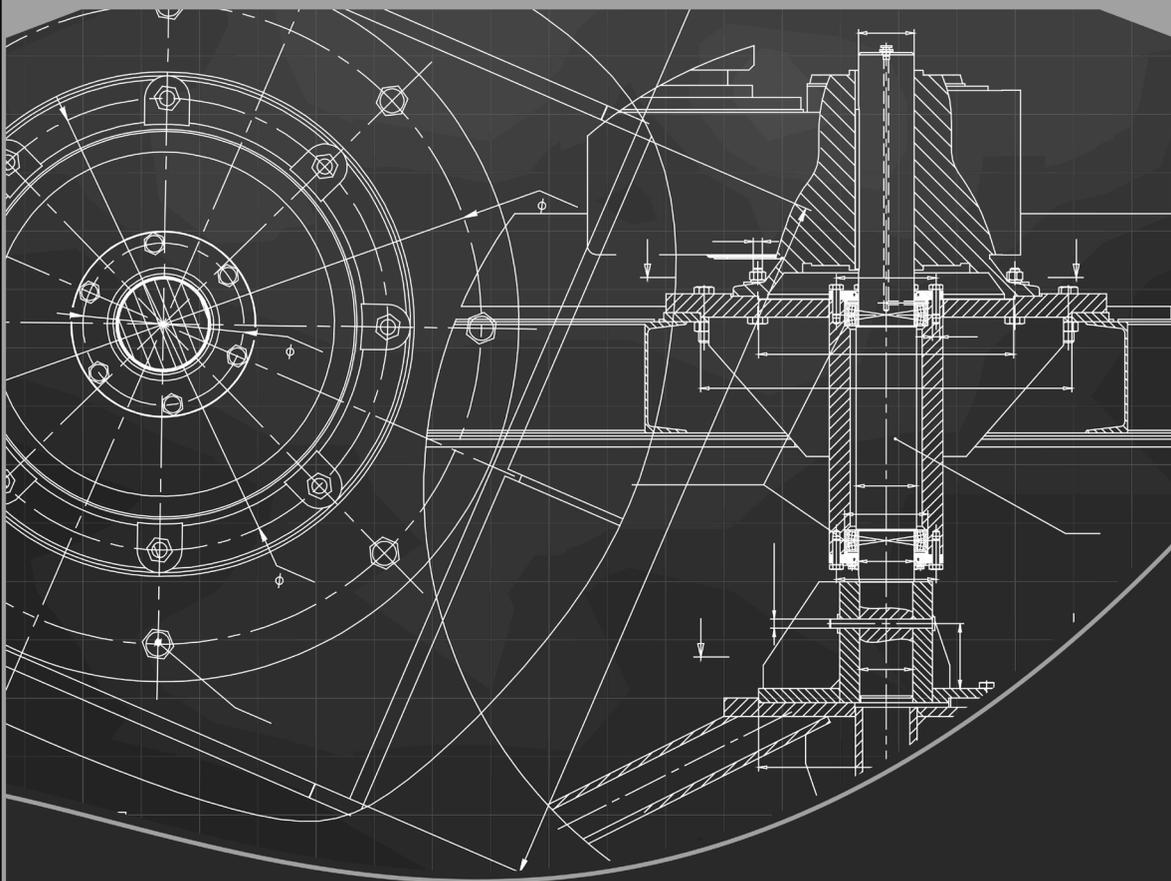


# Engenharia mecânica:

A influência de máquinas, ferramentas  
e motores no cotidiano do homem

2

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
(Organizadores)



**Atena**  
Editora

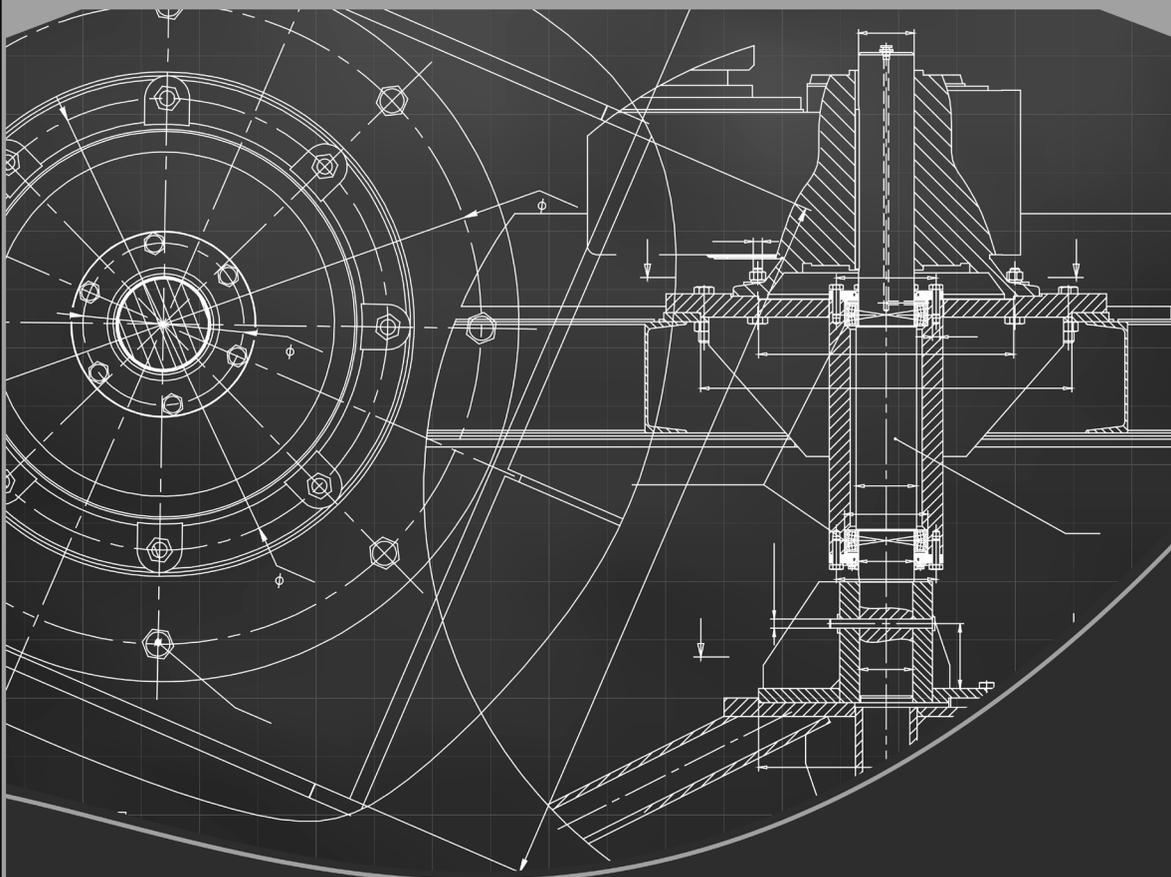
Ano 2021

# Engenharia mecânica:

A influência de máquinas, ferramentas  
e motores no cotidiano do homem

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  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª 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. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale 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  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
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  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª 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  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl 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  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª 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  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª 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  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

#### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miraniide Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª 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  
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª 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  
Profª 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. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá  
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  
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri  
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/UFGA  
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 Fenomenología & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lúvia 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  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª 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  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª 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  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª 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 mecânica: a influência de máquinas, ferramentas e motores no cotidiano do homem 2

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Luiza Alves Batista  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia mecânica: a influência de máquinas, ferramentas e motores no cotidiano do homem 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 978-65-5983-117-3

DOI 10.22533/at.ed.173211806

1. Engenharia mecânica. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. Título.  
CDD 621

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://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 Mecânica pode ser definida como o ramo da engenharia que aplica os princípios de física e ciência dos materiais para a concepção, análise, fabricação e manutenção de sistemas mecânicos. O aumento no interesse por essa área se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral.

Nos dias atuais a busca pela redução de custos, aliado a qualidade final dos produtos é um marco na sobrevivência das empresas, reduzindo o tempo de execução e a utilização de materiais.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de mecânica e materiais, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. A caracterização dos materiais é de extrema importância, visto que afeta diretamente aos projetos e sua execução dentro de premissas técnicas e econômicas.

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**

#### **ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DE UTILIZAÇÃO DA FIBRA DE BANANEIRA COM RESINA SINTÉTICA EM COMPÓSITOS**

Rúi Carlos de Sousa Mota

José Ubiragi de Lima Mendes

**DOI 10.22533/at.ed.1732118061**

### **CAPÍTULO 2..... 18**

#### **CARACTERIZAÇÃO DA BORRA DE PIAÇAVA (*ATTALEA FUNIFERA*) PARA PRODUÇÃO DE BRIQUETES**

Alexandre Silva de Moraes

Vitor da Silva Lacerda

Alberto Matheus Freitas Oliveira

Ana Claudia Rangel da Conceição

Carlos Alberto França Junior

Victor Antunes Silva Barbosa

Mirtânia Antunes Leão

**DOI 10.22533/at.ed.1732118062**

### **CAPÍTULO 3..... 34**

#### **STRUCTURAL OPTIMIZATION OF A NOSE LANDING GEAR FOR CESSNA 172 AIRPLANE**

Raphael Basilio Pires Nonato

Alexander Dias Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.1732118063**

### **CAPÍTULO 4..... 49**

#### **AVALIAÇÃO DO GRAU DE SENSITIZAÇÃO E O APARECIMENTO DE FASES INTERMETÁLICAS EM TRECHO DE TUBULAÇÃO DE FORNO DE COQUEAMENTO RETARDADO**

Thiago Batista David

Erike Wilker Arruda Figueredo

Fillipe Stephany de Souza Virgolino

Luiz Adeildo da Silva Junior

Moisés Euclides da Silva Junior

**DOI 10.22533/at.ed.1732118064**

### **CAPÍTULO 5..... 60**

#### **FABRICAÇÃO DA LIGA DE ALUMÍNIO AA7013 ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE METALURGIA DO PÓ**

Enéas Carlos de Oliveira Silva

Eduardo José Silva

Thiago Batista David

Moisés Euclides da Silva Junior

Oscar Olimpio de Araujo Filho

**DOI 10.22533/at.ed.1732118065**

**CAPÍTULO 6..... 78**

**FABRICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA LIGA DE ALUMÍNIO AA7009 ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE METALURGIA DO PÓ**

Enéas Carlos de Oliveira Silva  
Eduardo José Silva  
Thiago Batista David  
Moisés Euclides da Silva Junior  
Oscar Olimpio de Araujo Filho

**DOI 10.22533/at.ed.1732118066**

**CAPÍTULO 7..... 96**

**FABRICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA LIGA DE ALUMÍNIO AA8011 ATRAVÉS DAS TÉCNICAS DE METALURGIA DO PÓ**

Sandra Torres Zarzar  
Diogo Monteiro do Nascimento  
José Endreo Baracho da Costa  
Moisés Euclides da Silva Junior  
Oscar Olimpio de Araujo Filho

**DOI 10.22533/at.ed.1732118067**

**CAPÍTULO 8..... 111**

**METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DE CUSTOS ASSOCIADOS À APLICAÇÃO DE SOLDAGEM EM TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS**

Wagner Gutemberg Cavalcanti da Silva  
Felipe Leandro dos Santos  
Helen Rodrigues Araújo  
Marcio Rolemberg Freire  
Moisés Euclides da Silva Junior

**DOI 10.22533/at.ed.1732118068**

**CAPÍTULO 9..... 126**

**APLICAÇÃO DE MQL NO TORNEAMENTO DO AÇO SAE 4340 COM INSERTO DE METAL DURO TEXTURIZADO A LASER E REVESTIDO DE TiAIN**

Rhander Viana  
Milton Sérgio Fernandes de Lima  
Paulo Vinícius da Silva Resende

**DOI 10.22533/at.ed.1732118069**

**CAPÍTULO 10..... 142**

**ESTUDO DO GRADIENTE DE TEMPERATURA DURANTE O FRESAMENTO DO AÇO AISI 4340 UTILIZANDO O MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS**

Nicollas Vivaldini  
Rodrigo Henriques Lopes da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.17321180610**

**CAPÍTULO 11 ..... 150**

**IDENTIFICAÇÃO DO MOMENTO IDEAL DE TROCA DE FERRAMENTAS DE CORTE ATRAVÉS DO MONITORAMENTO DO DESGASTE POR SINAL DE VIBRAÇÃO E**

## **INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Lucas Costa Brito

Márcio Bacci da Silva

Marcus Antonio Viana Duarte

**DOI 10.22533/at.ed.17321180611**

## **CAPÍTULO 12..... 165**

### **METROLOGIA PARA ENGENHARIAS: CONSTRUÇÃO DE UM PROJETO METROLÓGICO PARA APLICAÇÃO DE CONCEITOS**

Lisiane Trevisan

Daniel Antonio Kapper Fabricio

**DOI 10.22533/at.ed.17321180612**

## **CAPÍTULO 13..... 175**

### **POTENCIAL ECONÔMICO E ENERGÉTICO DO APROVEITAMENTO DO CALOR REJEITADO POR CONDICIONADORES DE AR**

David Coverdale Rangel Velasco

José Alexandre Tostes Linhares Júnior

Felipe Perissé Duarte Lopes

Carlos Maurício Fontes Vieira

Afonso Rangel Garcez de Azevedo

**DOI 10.22533/at.ed.17321180613**

## **CAPÍTULO 14..... 184**

### **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO REGIME DE TRABALHO DE REFRIGERADOR DE GRÃOS INTEGRADO A TUBOS CANADIANOS**

Eduarda Silva Costa

Matheus Júnio Souza da Silva

Ramiro de Matos Bertolina

Thiago Ferreira Gomes

**DOI 10.22533/at.ed.17321180614**

## **CAPÍTULO 15..... 193**

### **DIMENSIONAMENTO DE CARGA TÉRMICA DE CONDICIONARES DE AR NO BRASIL: UM ESTUDO DE CASO COMPARATIVO ENTRE A NR 17 E NBR 16401**

David Coverdale Rangel Velasco

José Alexandre Tostes Linhares Júnior

Márcio Paulo Bonifácio das Neves

André Luiz Vicente de Carvalho

Afonso Rangel Garcez de Azevedo

**DOI 10.22533/at.ed.17321180615**

## **CAPÍTULO 16..... 205**

### **AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO NO INTERIOR DE UM VEÍCULO AUTOMOTOR PERTENCENTE À FROTA DE TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO NO MUNICÍPIO DE CUIABÁ-MT**

Roberta Daniela de Souza

Marcelo Dias de Souza

Jonathan Willian Zangeski Novais

**DOI 10.22533/at.ed.17321180616**

**CAPÍTULO 17..... 211**

**AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DE UM VEÍCULO BAJA**

Arthur Barroso Costa

João Lucas Moura Ferreira

Igor Antunes Ferreira

Luiz Gustavo Monteiro Guimarães

**DOI 10.22533/at.ed.17321180617**

**CAPÍTULO 18..... 234**

**UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DO USO DA AUTOMAÇÃO NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL**

Igor Moreno Mamedes

Andrea Teresa Riccio Barbosa

**DOI 10.22533/at.ed.17321180618**

**CAPÍTULO 19..... 245**

**PRINCIPAIS PARÂMETROS DE DESEMPENHO EMPREGADOS PELAS EMBARCAÇÕES DE PEQUENO PORTE MOVIDAS A ENERGIA FOTOVOLTAICA NO DESAFIO SOLAR BRASIL**

David Coverdale Rangel Velasco

Valter Luís Fernandes de Sales

**DOI 10.22533/at.ed.17321180619**

**CAPÍTULO 20..... 255**

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA ENERGIA FOTOVOLTAICA RESIDENCIAL**

David Coverdale Rangel Velasco

Elivandro Tavares Lôbo

Welder Azevedo Santos

Wagner Vianna Bretas

Rodrigo Martins Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.17321180620**

**CAPÍTULO 21..... 268**

**SINTONIA DE CONTROLADORES DE TEMPERATURA COM REDES NEURAIS**

Tiago Luís Andrade Pereira

Anderson Daleffe

**DOI 10.22533/at.ed.17321180621**

**CAPÍTULO 22..... 284**

**COMPARISON OF STRAIN AND LOAD OBTAINED VIA STRAIN GAGE BY WIRE AND WIRELESS TRANSMISSIONS**

Raphael Basilio Pires Nonato

Luiz Carlos Gomes Sacramento Júnior

Leonardo Ferreira Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.17321180622**

<b>CAPÍTULO 23.....</b>	<b>300</b>
<b>SISTEMA AUTOMATIZADO DESTINADO À ALIMENTAÇÃO DE ANIMAIS DE PEQUENO PORTE</b>	
Eliezer Silva Bonfim de Jesus	
Guilherme de Souza Carneiro Meireles	
Josedacson Barbosa de Lacerda	
Kevin Ruan dos Reis Oliveira	
Rúi Carlos de Sousa Mota	
<b>DOI 10.22533/at.ed.17321180623</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES .....</b>	<b>307</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>308</b>

# CAPÍTULO 1

## ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DE UTILIZAÇÃO DA FIBRA DE BANANEIRA COM RESINA SINTÉTICA EM COMPÓSITOS

*Data de aceite: 01/06/2021*

*Data de submissão: 03/04/2021*

### **Rúi Carlos de Sousa Mota**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia da Bahia (IFBA)  
Simões Filho – BA  
<http://lattes.cnpq.br/8101200419429469>

### **José Ubiragi de Lima Mendes**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
(UFRN)  
Natal - RN  
<http://lattes.cnpq.br/7103009428184656>

**RESUMO:** Este trabalho objetiva apresentar os estudos das propriedades mecânicas de um compósito de resina poliéster e fibra de bananeira (*Musa s.p.*, Musáceae), como substituição à fibra de vidro, a ser utilizado em elementos estruturais que não demandem grandes esforços mecânicos. Para a análise, foram retiradas as talas do pseudocaule, sendo feita a fibrilização de forma manual, com o auxílio de uma escova de aço, seguido de secagem ao natural. Após tratamento para limpeza e retirada de cera, cortaram-se pedaços de aproximadamente 60mm a 100mm para, juntamente com a resina sintética, fabricar placas de um compósitos de características fibrosa de orientação aleatória, em relação ao peso da resina. Foram utilizadas três porcentagens distintas de fibras (3,6% e 9%), para fazer um estudo comparativo entre eles e em relação a um corpo sem fibra da

mesma resina. Fabricaram-se corpos de prova de cada material, os quais foram submetidos aos ensaios de tração uniaxial, flexão em três pontos, absorção de umidade e características térmicas. A análise dos resultados demonstra ocorrer acréscimo de peso e, em determinada proporção, obtêm-se incremento na flexibilidade e aumento da resistência à fratura, configurando-se como um material de aplicação viável, desde que não sejam necessários grandes esforços mecânicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fibra vegetal, Fibra natural, Fibra de bananeira, Compósito híbrido.

### TECHNICAL FEASIBILITY ANALYSIS OF USE OF FIBER BANANA TREE WITH SYNTHETIC RESIN IN COMPOSITES

**ABSTRACT:** This paper aims to present the studies of mechanical properties of a composite polyester resin and fiber of banana tree (*Musa sp.*, Musac) as a replacement to fiberglass, to be used in structural elements that do not demand large mechanical stress. For the analysis, the splints were removed from the pseudostem, and the fibrilization done manually, with the aid of a wire brush, followed by natural drying. After treatment for cleaning and removal of wax, were cut pieces of approximately 60mm to 100mm for, in combination with synthetic resin, making cards of a composite in features fiber with random orientation in relation to the weight of the resin. Were used three different percentages of fiber (3.6% and 9%), to make a comparative study between them and in relation to a sample without fiber of the same resin. Were made samples of each material, which were submitted to uniaxial

tensile tests, three point bending, moisture absorption and thermal characteristics. The results analysis shows occurrence of weight increasing, and to some extent, it's obtained increased flexibility and improved resistance to fracture, configured as a material to be feasible, provided they do not require major mechanical stress.

**KEYWORDS:** Plant fiber, Natural fiber, Banana tree fiber, Hybrid composite.

## 1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, com a preocupação crescente com o meio ambiente e a inevitável redução de custos para otimizar a produção e tornar o produto final mais acessível, torna-se imprescindível a utilização de matérias-primas alternativas e com boa aceitação no mercado; neste contexto, novos materiais compósitos a base de resina polimérica e fibras vegetais surgem a cada dia (AGOPYAN; SAVASTANO JÚNIOR, 1997). Tudo isso leva em consideração as propriedades e características desses materiais (alongamento, peso específico, resistência mecânica, estabilidade térmica etc.), pois são determinantes na definição de aplicabilidade, estando diretamente ligadas à matriz, que é a resina, e ao reforço, que é a fibra, sendo que a empregabilidade e aderência destes poderão criar uma interface na qual as propriedades individuais praticamente desaparecem, dando lugar às propriedades que vão caracterizar o compósito (LEÃO, 2008).

A aplicação estrutural principalmente em peças de pouca sollicitação mecânica vem crescendo de forma singular, o que leva um crescente número de recentes pesquisadores a buscar novos materiais e a aperfeiçoar processos já existentes de obtenção de fibras e modos de fabricação e estruturas das mais diversas. No Brasil, das fibras com maior aceitação no mercado estão as de algodão, linho, sisal (MENDES, 1992), juta (MONTEIRO et al., 2006), rami, licuri (LEÃO, 2008), bananeira (BALZER et al., 2007) e outras.

Neste contexto, o presente estudo objetiva apresentar a viabilidade da utilização de uma fibra vegetal (bananeira – musácea) Figura (1) em um compósito com resina sintética ortoftálica. A escolha desta fibra se dá pela facilidade de obtenção das mesmas, já que todos os anos várias toneladas do pseudocaule são descartadas após a colheita dos frutos, pois seu aproveitamento é quase nulo ou, mesmo quando utilizado de forma artesanal, não é valorizado ou agrega em si um valor irrisório para o produtor. Logo, este trabalho está abalizado na fabricação de um material em que serão utilizadas fibras secas de bananeira, resina sintética ortoftálica, com as quais foram confeccionados corpos de prova, sendo estes submetidos a ensaios e testes laboratoriais de acordo com as normas, e posteriores testes para comprovações técnicas dos resultados obtidos.



Figura 1 – Bananeira e suas fibras.

Fonte: Os Autores

## 2 | METODOLOGIA APLICADA

As lâminas foram retiradas do pseudocaule da bananeira “in natura”, de forma manual, a aproximadamente quinze centímetros do solo e com um comprimento de um metro; após isso, o pseudocaule foi seccionado em pedaços de 300 mm, sendo que o mesmo possui em média 30 cm de diâmetro, e uma bananeira possui em média de três a cinco metros de altura. As placas foram retiradas com auxílio de um estilete e desfiadas utilizando-se uma escova de aço em um processo manual; depois, foram colocadas para secar ao ar livre por um período de aproximadamente 3 a 4 dias e, após secas, foram cortadas com uma tesoura em um tamanho padrão (30 mm a 120 mm). Aplicou-se uma resina préacelerada do tipo AZ-46 padrão, produzida pela empresa AraAshland, e foram utilizados um molde de granito e cera desmoldante de carnaúba, tendo o processo sido realizado através de laminação manual (Hand-Lay-Up).

Foram confeccionadas três placas do compósito com as porcentagens de fibras especificadas e dez corpos de prova (cinco grandes e cinco pequenos) na seguinte configuração: 1ª placa com 3% em volume de fibras, 2ª placa com 6% e por último a 3ª placa com 9%. O diâmetro médio da fibra de bananeira foi de 0,10mm e obtido de forma aleatória com 15 (quinze) fibras e nelas foram feitas três medidas com um micrômetro de resolução 0,01 mm, marca Mitutoyo, em uma sala climatizada a aproximadamente 22°C. A decisão de serem tomadas três medidas foi em virtude da nãoconformidade das fibras, e vale salientar que as mesmas foram tratadas e secas ao ar livre.

### 2.1 Preparação das placas para a fabricação dos corpos de prova

Primeiramente, foram pesadas em uma balança eletrônica, Quimis-200, as quantidades de fibras para cada placa a ser confeccionada respectivamente para 3%, 6%,

9% em relação a massa da resina. Em seguida, as fibras foram colocadas no molde de mármore, sendo então efetuada uma umidificação com água destilada com spray para melhorar a moldagem e, depois, colocando-se em uma prensa hidráulica com uma placa de madeira para dar uma melhor compressibilidade, formando uma manta. Esta operação durou aproximadamente uma semana para cada placa, entre a moldagem e secagem.

Após a retirada, as placas foram colocadas em um molde de granito com dimensões de 400 mm X 250 mm X 7 mm, devidamente preparado para a impregnação pelo método de fabricação Hand Lay Up com a resina poliéster ortoftálica do tipo Arazen – 4.1 PA (fornecida pela Bahia Química S.A.), que foi catalisada com 10% do volume total da resina, ou seja, 10 ml para cada 100 ml de resina utilizada, levando um tempo de aproximadamente 40 minutos pra gelificar (atingir o ponto de gel) e mais duas horas para atingir a cura total.

Em seguida, a placa foi colocada em uma estufa artesanal para efetuar a pós-cura por mais quatro horas. Percebeu-se que a impregnabilidade ou a facilidade de molhação (molhabilidade) da fibra com a resina é difícil, além de sua absorção ser grande, sendo necessária uma grande atenção para não haver fibras descobertas, mascarando assim os resultados obtidos.

Depois de desmoldadas, as placas foram levadas para serem cortadas na Acriplanos, empresa localizadas em Salvador-BA, em uma fresadora do tipo Router T-30.

Foi utilizada uma freza de 3 mm para efetuar os cortes de acordo com as especificações da American Society for Testing and Materials (ASTM, 1990), ou seja:

- Tração uniaxial – 203 mm x 25 mm x 6 mm
- Flexão em três pontos – 125 mm x 10 mm x 6 mm

Todos os corpos de prova ficaram com um sobrematerial de aproximadamente 1 mm para posterior lixamento e polimento. Para isso, preparou-se uma bancada metalográfica Figura (2) e (3), na qual foi feito o lixamento dos corpos de prova de maneira manual com as lixas d'água de números 220, 320, 400, 600, e 1200, por um período de aproximadamente 60 minutos entre lixamento e polimento (tempo esse baseado na analogia com a preparação de corpos de prova para metalurgia), a fim de se atingirem as dimensões desejadas.



Figura 2 – Lixamento.

Fonte: Os Autores



Figura 3 – Polimento.

Fonte: Os Autores

### 2.1.1 *Laminação Manual (Hand Lay Up)*

Nesse método, Figura (4) a superfície é devidamente preparada, sendo então utilizado um molde com cera desmoldante e álcool desmoldante, no qual feltros de fibras enrolados, mechas trançadas, mantas ou outros tecidos de fibras são colocados. Impregna-se o molde com resina devidamente preparada, utilizando-se um pincel, e, para melhorar o processo de impregnação, são usados rolos de alumínio com o objetivo de eliminar bolhas. O processo continua com a colocação das camadas até a obtenção da espessura (ou configuração) desejada para a peça. O moldado é curado sem calor nem pressão.

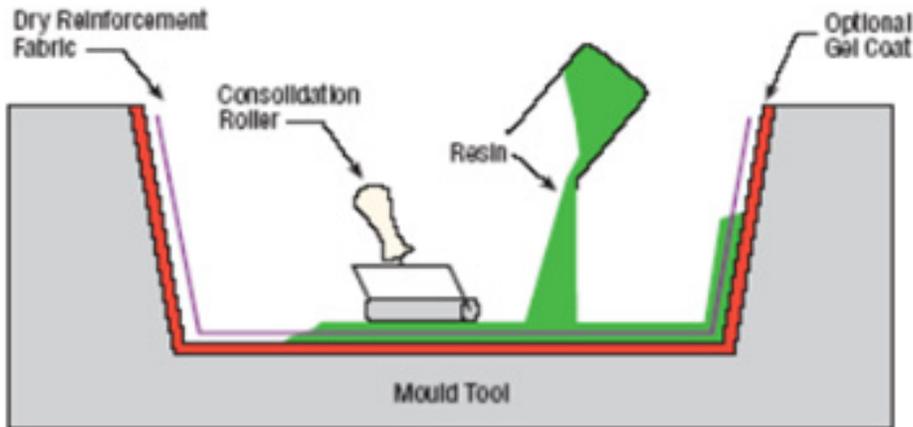


Figura 4 – Hand Lay Up.

Fonte: Saint Gobain Vertrotex, 2008

### 2.1.2 Testes

Foram realizados testes de tração uniaxial para definir o módulo de elasticidade e módulo de ruptura, absorção de umidade e flexão em três pontos, para definir a tensão de ruptura, a resistência última e a caracterização térmica, no intuito de melhor especificar a aplicabilidade deste compósito de forma comercial.

## 2.2 Ensaio de tração uniaxial

Os ensaios de tração foram realizados em uma máquina de ensaios mecânicos SHIMADZU, modelo AG-1, com capacidade máxima de 250 KN, na qual se utilizou uma placa de aquisição de dados para obtenção dos valores de deslocamento e carga aplicada no material. Cuidados especiais foram tomados antes da realização dos ensaios, como, por exemplo, ajustes prévios dos corpos de prova nas “garras” da máquina, de forma a amenizar problemas de “arrastes” no início do carregamento; desta forma, consegue-se um melhor controle sobre os dados relacionados ao deslocamento. Com isso, foi possível se obter o limite de resistência, o módulo de elasticidade longitudinal (na direção de aplicação da carga) e a deformação de ruptura dos compósitos. Por último, efetuou-se o cálculo de um valor médio para cada parâmetro estudado. As dimensões dos corpos de prova seguiram a norma ASTM D3039 (2000). O valor da velocidade de deslocamento dos ensaios foi de 1 mm/min., e os ensaios foram feitos à temperatura de 22°C, com uma umidade relativa do ar de 56%.

## 2.3 Ensaio de termogravimetria

Este é um ensaio que permite medir a perda de massa de uma determinada substância ou material em função do aquecimento controlado e do tempo, caracterizando

assim o comportamento térmico dos materiais. A metodologia básica da termogravimetria consiste em uma balança eletrônica de precisão acoplada a um forno que tenha o aumento controlado da temperatura de forma linear com o tempo. Nesta pesquisa, a amostra foi analisada em um analisador termogravimétrico, TGA- 51 H, marca SHIMADZU (Figuras 45 e 46), em uma atmosfera de ar normal, pois reflete o ambiente em que o compósito será utilizado, um cadinho de platina, com um gradiente de temperatura de 28°C a 500°C, a uma taxa de aquecimento de 10°C por minuto. A amostra em forma de raspa foi colocada em um cadinho devidamente tarado acoplado a uma plataforma; dentro dele foram colocados 5 mg de cada amostra por vez, para serem determinadas as temperaturas de degradação para cada concentração do compósito. O cadinho foi então envolvido pelo forno elétrico, de maneira tal que a amostra pudesse ter sua temperatura monitorada em função da variação da potência do forno.

Os resultados são apresentados em forma de curvas termogravimétricas (TG), em que a variação do peso é constatada em relação ao aumento controlado da temperatura ou do tempo. Assim sendo, qualquer mudança na massa que venha a ocorrer em temperaturas próximas logo será identificada. Alguns fatores que podem afetar o resultado de um ensaio termogravimétrico são: efeitos instrumentais (velocidade do forno, atmosfera, forma e material do cadinho), características da amostra (peso, granulometria, umidade, forma de preparação), entre outros.

Parâmetros:

- a) Detector – TGA – 51 H
- b) Celula – Platinum
- c) Atmosfera – Ar
- d) Taxa – 50.00ml/min.
- e) Taxa temperatura – 10°C/min.
- f) Faixa de ensaio – 0° ate 500°C
- g) Peso – 5,0mg

## 2.4 Ensaio de absorção de umidade

Para o ensaio de absorção de umidade foram confeccionados trinta corpos de prova, sendo cinco grandes e cinco pequenos para cada percentagem de fibra. Foi feita uma microscopia óptica nos CPs, (laboratório da Gerdau) para identificar possíveis defeitos de fabricação como bolhas e vazios etc.

Os corpos de prova foram pesados e colocados em um recipiente plástico contendo água destilada, sendo este devidamente tampado, para a observação da absorção de umidade por parte do compósito em decorrência do tempo de imersão até a sua saturação, de acordo com a norma ASTM D 570-95 (ASTM, 1995). Todo esse processo é lento, levando aproximadamente 120 dias, e o acompanhamento se deu a princípio com a pesagem de duas em duas horas, sendo aumentado este tempo gradativamente. Para

realizar as pesagens, cada um dos corpos de prova foi retirado com o auxílio de uma pinça metálica, evitando-se assim o contato com as mãos e, conseqüentemente, não transferindo massa para os mesmos pela oleosidade da pele; após isso, foram secados com papel absorvente e pesados em uma balança de cinco dígitos da marca Quimis – Q 500L210C, com capacidade máxima de 210g, a qual foi devidamente tarada, sendo os dados lançados em uma tabela para posterior plotagem. Até então, a absorção ainda não tinha sido total, porém, aos oitenta dias de imersão, pôde ser vista uma tendência a saturação. Este ensaio foi totalmente realizado no laboratório de microscopia do IFBA – SF.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A expectativa maior deste projeto é possibilitar o desenvolvimento ou a criação de subsídios para que alguma empresa (seja privada ou governamental) desenvolva um compósito de baixo custo, que possa ser utilizado tanto na construção civil como no agronegócio e também na indústria metal mecânica. Busca-se reduzir-se, assim, o gasto com outros componentes que não são biodegradáveis, vindo a contribuir desta maneira para um mundo mais limpo e ambientalmente equilibrado.

São apresentados, a seguir, os resultados obtidos nos ensaios realizados com o compósito estudado e suas pertinentes discussões.

#### 3.1 Resultados dos ensaios de flexão em três pontos

As Tabelas (1) e (2) apresentam os resultados dos ensaios de flexão em três pontos para as três concentrações de fibra estudadas, secas e úmidas saturadas e os gráficos das Fig. (5) e (6) o comportamento assumido pela deflexão e módulo de elasticidade.

PROPRIEDADES	3%	6%	9%
Tensão de flexão (MPa)	36,8	44,0	31,8
Módulo de elasticidade (GPa)	2,5	2,3	2,1

Tabela 1 – Propriedades mecânicas do compósito seco.

Fonte: Os Autores

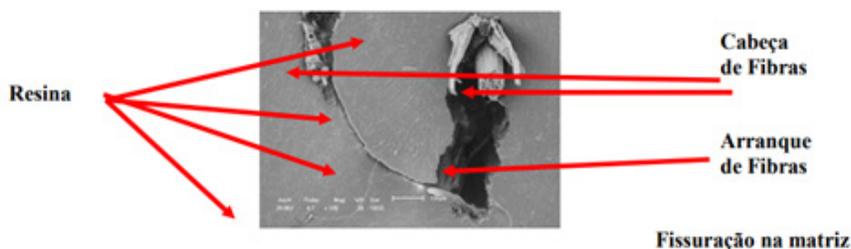


Figura 5 – Microscopia eletrônica de varredura.

Fonte: Laboratório CTGás

Observou-se que a concentração de fibra com maior tensão de flexão para as amostras secas foi a de 6% e a menor de 9%. Em relação a esse parâmetro a de maior tensão foi 27,7% superior a de menor tensão.

Em relação ao módulo de elasticidade na flexão a concentração com melhor resultado foi a de 9%, com variação máxima para as três concentrações em torno de 20%.

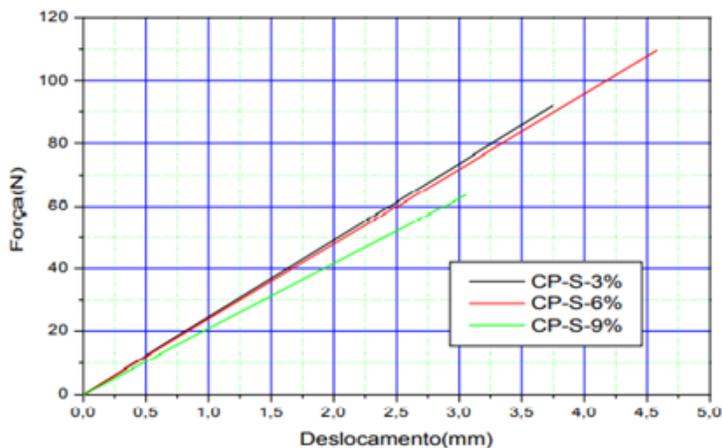


Figura 6 – Comportamento médio assumido pelos valores de deflexão.

Fonte: Os Autores

PROPRIEDADES	3%	6%	9%
Tensão de flexão (MPa)	31,0	34,4	29,0
Módulo de elasticidade (GPa)	2,0	2,0	0,14

Tabela 2 – Propriedades mecânicas do compósito úmido saturado.

Fonte: Os Autores

Observou-se que a concentração de fibra com maior tensão de flexão para as amostras úmidas foi a de 6% e a menor de 9%, obtendo-se o mesmo comportamento em relação a amostra seca. Em relação a esse parâmetro a de maior tensão foi 18,6% superior a de menor tensão. Em relação ao módulo de elasticidade na flexão a concentração com melhor resultado foi a de 9%, sendo muito superior em relação as outras duas concentrações estudadas (Figura 7).

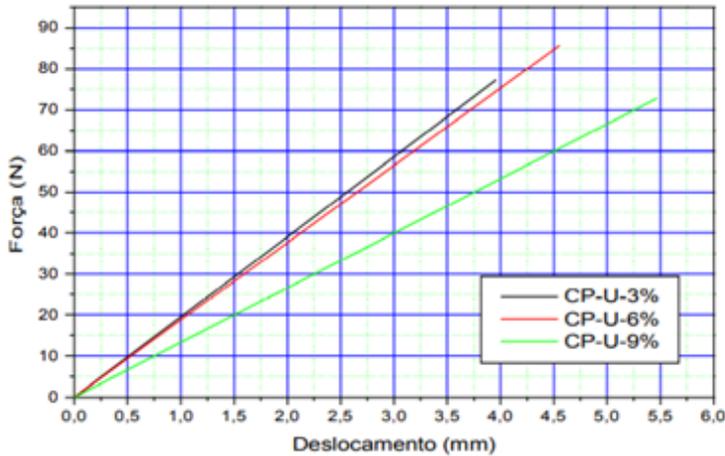


Figura 7 – CP Seco: Força x Deflexão.

Fonte: Os Autores

As Tabelas (3) e (4) apresentam os resultados dos ensaios de tração uniaxial para as três concentrações de fibras estudadas, secas e úmidas saturadas e os gráficos das Fig. (8) e (9) mostram o comportamento assumido pela resistência última e módulo de elasticidade.

PROPRIEDADES	3%	6%	9%
Resistência Última (MPa)	9,2	8,4	9,3
Módulo de elasticidade(GPa)	1,0	1,5	1,2

Tabela 3 – Propriedades mecânicas do compósito seco.

Fonte: Os Autores

Observou-se que a concentração de fibra com maior resistência a tração para as amostras secas foi a de 9% e a menor de 6%. Em relação a esse parâmetro, a de maior resistência foi 10,7% superior à de menor resistência. Em relação ao módulo de elasticidade na tração, a concentração com melhor resultado foi a de 3%, sendo que não foi muito superior em relação às outras duas concentrações estudadas.

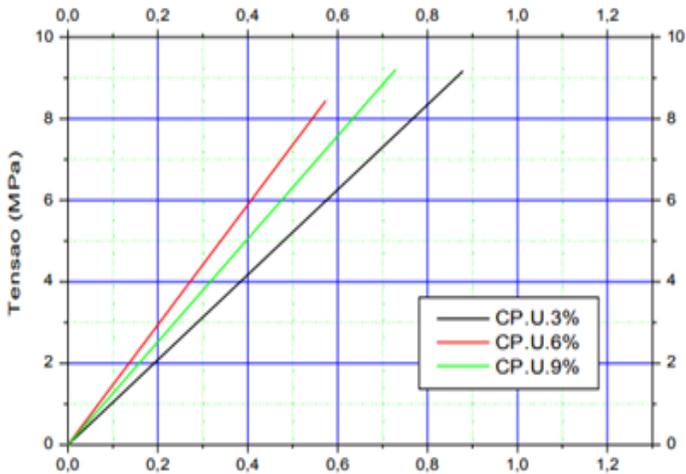


Figura 8 – Deformação x Tensão (Valores médios).

Fonte: Os Autores

PROPRIEDADES	3%	6%	9%
Resistência Última (MPa)	9,8	9,8	11,2
Módulo de elasticidade (GPa)	0,7	0,7	0,8

Tabela 4 – Propriedades mecânicas do compósito úmido saturado.

Fonte: Os Autores

Observou-se que a concentração de fibra com maior resistência a tração para as amostras úmida saturada foi a de 9% ficando as outras com comportamento equivalente. Em relação a esse parâmetro a de maior resistência foi 14,3% superior a de menor resistência.

Em relação ao módulo de elasticidade na tração a concentração com melhor resultado foram as de 3% a de 6%, sendo que não foi muito superior em relação a outra concentração estudada.

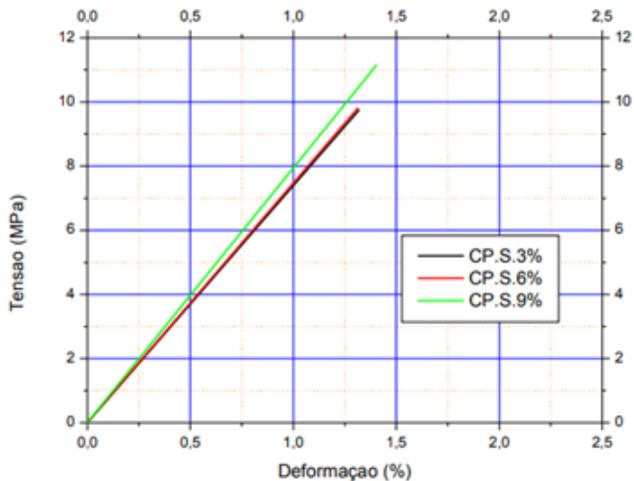


Figura 9 – Deformação x Tensão (Valores médios).

Fonte: Os Autores

### 3.2 Gráficos de resultados da absorção de umidade

Os gráficos das Fig. (10), (11) e (12) apresentam o comportamento assumido pela massa das amostras, pequenas e grandes, no teste de absorção de umidade para oitenta dias.

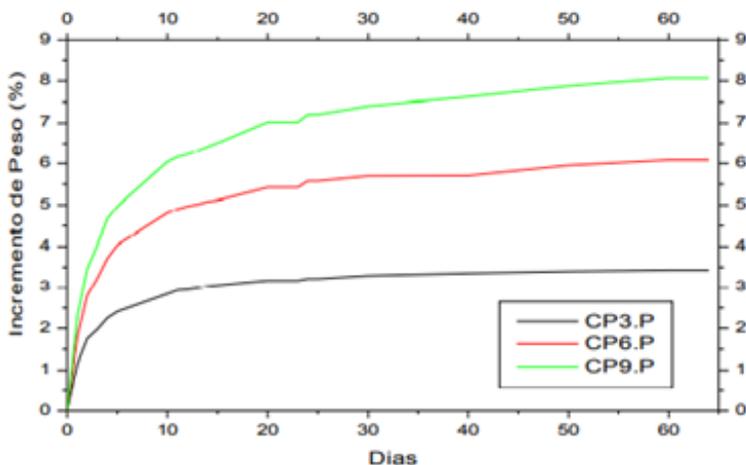


Figura 10 – Dias x Incremento de Peso (%).

Fonte: Os Autores

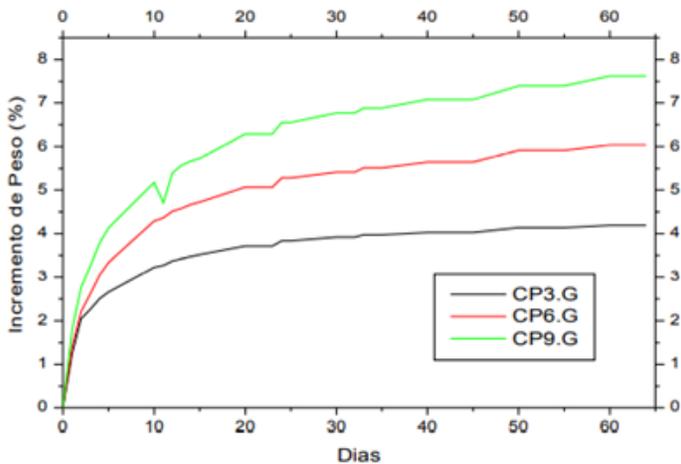


Figura 11 – Dias x Incremento de Massa (%).

Fonte: Os Autores

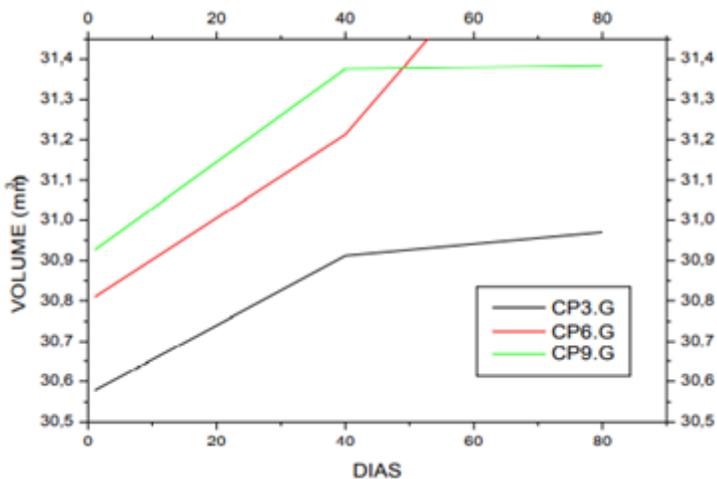


Figura 12 – Dias x Volume.

Fonte: Os Autores

Percebe-se que este compósito pode ter uma boa aceitação, pois apresenta rápida saturação indicando que o material pode ser utilizado em locais de alta umidade, como reservatórios, calhas etc. Observou-se, também, que não ocorreram grandes deformações volumétricas e de massa.

Após os oitenta dias de realização dos ensaios, com os CPs retirados da água, efetuou-se medições e constatou-se que não ocorreram alterações significativas, o que demonstra que pode ser aplicação onde se exija um controle dimensional mais rígido.

### 3.3 Gráficos termogravimétricos

Os gráficos das Fig. (13), (14) e (15) apresentam o comportamento assumido pelas amostras nos ensaios termogravimétricos para as três concentrações de fibras estudadas.

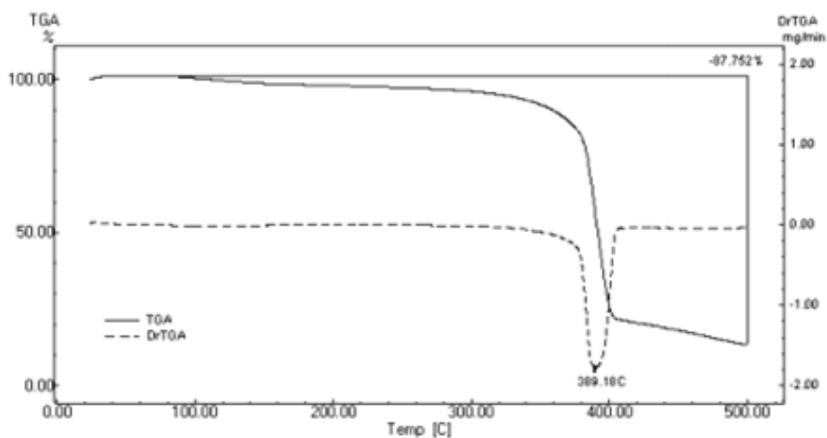


Figura 13 - Termogravimétrico CP 3%.

Fonte: Os Autores

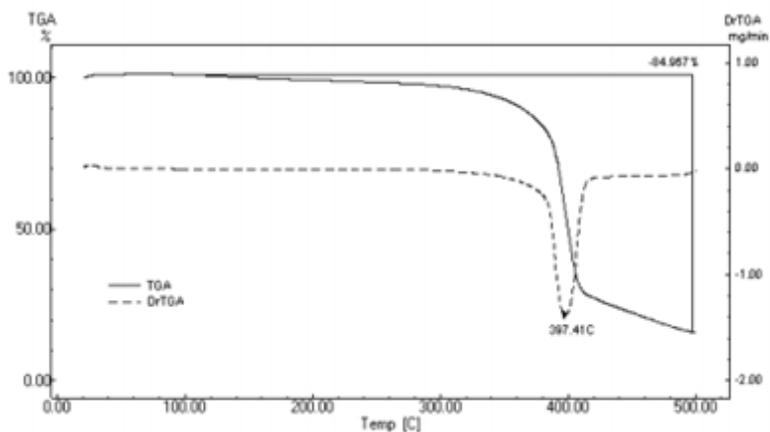


Figura 14 - Termogravimétrico CP 9%.

Fonte: Os Autores

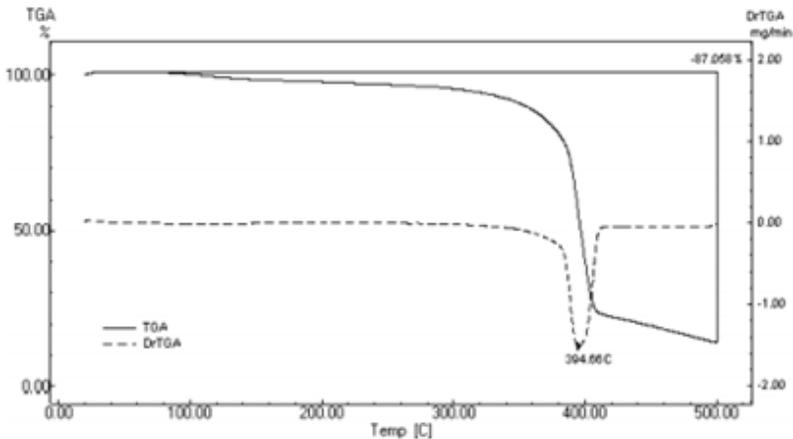


Figura 15 - Termogravimétrico CP 6%.

Fonte: Os Autores

Observou-se que o compósito começou a perder massa a partir de 90°C para as concentrações de 3% e 6%, enquanto para a concentração de 9% esta temperatura elevou-se para 120°C.

A partir deste ponto aconteceu um decréscimo lento, porém contínuo da massa até a perda de aproximadamente 85% do total a uma temperatura média de 380°C.

Isso demonstrou que este material pode trabalhar numa faixa de temperatura de 85°C sem comprometer a segurança e nem suas propriedades.

## 4 | CONCLUSÕES

Apresentam-se, a seguir as conclusões oriundas da análise dos resultados encontrados nesta pesquisa.

- A fibra da bananeira possui uma microestrutura semelhante às demais fibras vegetais.
- Em sua composição microestrutural, pode-se dar destaque ao alto percentual das microfibrilas de celulose, conduzindo a bons resultados nas propriedades mecânicas.
- Os percentuais de fibras escolhidos foram determinantes nos resultados dos ensaios;
- O módulo de tração da fibra é relativamente baixo, porém possui um alongamento superior às demais fibras que hoje são utilizadas.

- O compósito possui boa estabilidade térmica, o que possibilita sua aplicação em temperaturas até 100°C.
- A fibra possui bom alongamento.
- Não foram registradas grandes alterações nos resultados dos ensaios de tração e flexão entre os CPs seco e úmido.
- Devido à boa impregnação da fibra, ocorreu uma saturação à umidade com um baixo tempo de imersão.
- O processo de fabricação (*Hand Lay Up*) influenciou diretamente nos resultados, o que foi comprovado pela característica da fratura mecânica no compósito, ou seja, fratura frágil.
- De forma geral, o uso de fibra de bananeira é viável, bastando uma melhoria no processo de obtenção das fibras (mecanização do procedimento) e um maior cuidado na fabricação das peças.
- Caso haja um melhoramento no método de obtenção de fibras (mecanização), ocorrerá a agregação de maior valor ao produto final.
- Este compósito pode ser um diferencial na vida de comunidades carentes e pequenos produtores de banana, pois, devido ao seu baixo custo de fabricação, possui um grande potencial de ser implementado por cooperativas de trabalhadores rurais.
- O compósito com concentração de 9% de fibra teve um desempenho superior aos demais, no comportamento térmico, embora todos tenham obtido resultados satisfatórios.
- Nos demais ensaios o compósito com 3% de fibras obteve melhores resultados.

## REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V.; SAVASTANO JÚNIOR, H. Uso de materiais à base de fibras vegetais na construção civil: experiência brasileira. In: SEMINÁRIO IBEROAMERICANO DE MATERIAIS FIBRORREFORZADOS, Y reunion del proyecto PIP VIII. 5 cyted, Cali, 1997. **Memórias**. Cali: Cyted/ Universidad del Valle, p. 23-40.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D3039**. Standard Test Methods for tensile Properties of Polymer Matrix composites. Philadelphia: ASTM, 2000.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D570**. Standard Test Methods for Water Absorption of Plastics. Philadelphia: ASTM, 1995.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D790**. Standard Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. Philadelphia: ASTM, 1990.

BALZER, P. et al. Estudo das Propriedades Mecânicas de um Composto de PVC Modificado com Fibras de Bananeiras. **Polímeros**, São Carlos, 2007. v. 17, n. 1, jan/mar. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-14282007000100004](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282007000100004). Acesso em: 02 abr. 2021.

LEÃO, M.A. **Fibras de licuri**: um reforço alternativo de compósitos poliméricos. 2008 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. Orientadores: Prof<sup>a</sup>. Dra. Eve Maria Freire de Aquino; Prof. Dr. Raimundo Carlos Silvério Freire Júnior.

MENDES, T.M.F.F. **Propriedades de Resistência à Tração e ao Impacto de Compósitos Poliéster Sisal**: Um estudo Comparativo. 1992, 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), UFRN, Natal.

MONTEIRO, S.; TERRONES, L. A. H.; CAMERINI, A. L. Propriedades de compósitos de tecido de juta descartado reforçando matriz de polietileno reciclado. **Matéria**. (Rio J.), 2006, vol. 11, n.º 4, pp. 403 – 411. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-70762006000400006&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-70762006000400006&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em 25 mar 2021.

SAINT GOBAIN VETROTEX. **Processos**. 2008. Disponível em: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Processo-de-moldagem-por-contato-manual-hand-lay-up-Fonte-Saint-Gobain\\_fig2\\_346572342](https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Processo-de-moldagem-por-contato-manual-hand-lay-up-Fonte-Saint-Gobain_fig2_346572342). Acesso em: 01 abr. 2021.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

AA8011 96, 97, 98, 101, 102, 103, 104, 105, 108  
Aço Inoxidável 49, 50, 53, 54, 58, 59  
Aeração 184, 185, 186, 187, 190, 192  
Alimentação 115, 120, 122, 249, 251, 300, 301, 302, 303  
Análise de Investimento 255  
Animais 300, 301, 306  
Ar Condicionado 175, 178, 181, 202, 203, 204, 238  
Automação e Controle 234  
Automação Industrial 234, 243, 268  
Automação Residencial 238, 241, 243, 300, 306

### B

Bananeira 1, 2, 3, 15, 16  
Bioenergia 19  
Biomassa 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 30, 238  
Briquetes 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31

### C

Carga Térmica 54, 175, 177, 178, 193, 195, 197, 199, 200, 201, 202, 203, 282  
Catia V5 211, 212, 220, 222, 224  
Climatização 187, 193, 194, 238, 239, 242, 244  
Compósito 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 249  
Conforto 209, 300  
Conforto Térmico 193, 194, 195, 199, 201, 202, 204, 205, 206, 209, 210  
Controle 6, 13, 112, 128, 166, 171, 173, 188, 207, 210, 234, 236, 237, 238, 240, 241, 242, 243, 244, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 282, 283, 302, 303  
Corrosão Intergranular 49, 50, 51, 54, 55, 58, 59  
Custos 2, 18, 20, 61, 97, 111, 112, 113, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 151, 176, 234, 255, 256, 257, 262, 263

### E

Educação 1, 18, 30, 165, 166, 173, 174, 204, 245, 247, 253, 255, 300  
Eficiência 114, 116, 178, 180, 181, 190, 196, 234, 235, 236, 237, 238, 242, 243, 244

Eficiência Energética 18, 175, 177, 178, 181, 182, 183, 184, 196, 204, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244

Elementos Finitos 142, 143, 144, 148, 149

Energia 61, 76, 94, 98, 100, 120, 155, 178, 183, 189, 235, 236, 243, 245, 254, 257, 266, 267, 306

Energia Solar Fotovoltaica 245, 246, 254

Engenharia Mecânica 17, 49, 77, 95, 96, 111, 148, 150, 165, 166, 174, 182, 184, 192, 307

Ergonomia 193, 204, 211, 212, 213, 215, 220, 232

Extrusão 96, 97, 98, 100, 105, 107, 108, 109

## **F**

Fase Sigma 49, 50, 51, 53, 56

Fibra Natural 1

Fibra Vegetal 1, 2

## **I**

Índice de Calor 205, 206, 207, 208

Inteligência Artificial 150, 152, 154, 159, 237, 268, 283

## **L**

Laser 60, 61, 78, 79, 96, 97, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140

Liga AA7009 78

Liga AA7013 60

## **M**

Metalurgia do Pó 60, 61, 62, 71, 76, 77, 78, 79, 90, 94, 95, 96, 97, 98, 103

Metrologia 165, 166, 169, 170, 173, 174, 177, 183

Moagem de Alta Energia 60, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 70, 71, 73, 74, 76, 78, 79, 80, 83, 84, 86, 89, 91, 92, 94, 96, 98, 100

## **O**

Ônibus 205, 206

## **P**

Piaçava 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30

Propulsão de Embarcações 245, 246

## **R**

Redes Neurais 150, 152, 237, 240, 243, 244, 268, 269, 272, 276, 282, 283

Refrigerador de Grãos 184, 186

Resíduo 19, 30, 54

## **S**

Sistemas Fotovoltaicos 255, 265, 266, 267

Soldagem 61, 62, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 307

Sustentabilidade 175, 234, 245, 253

## **T**

Temperatura de Corte 142, 148, 152

Temperatura do Ar 184, 189, 199, 200, 205, 206, 207, 208

Texturização 126, 128, 129, 130, 139

Torneamento 126, 130, 133, 135, 136, 139, 148, 150, 152, 156, 161

Tubos Canadianos 184, 186, 192

Tubulações Industriais 111, 112, 119

## **U**

Umidade Relativa do Ar 6, 195, 205, 206, 207, 208

Usinagem 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 147, 148, 150, 151, 154, 156, 161

# Engenharia mecânica:

A influência de máquinas, ferramentas  
e motores no cotidiano do homem

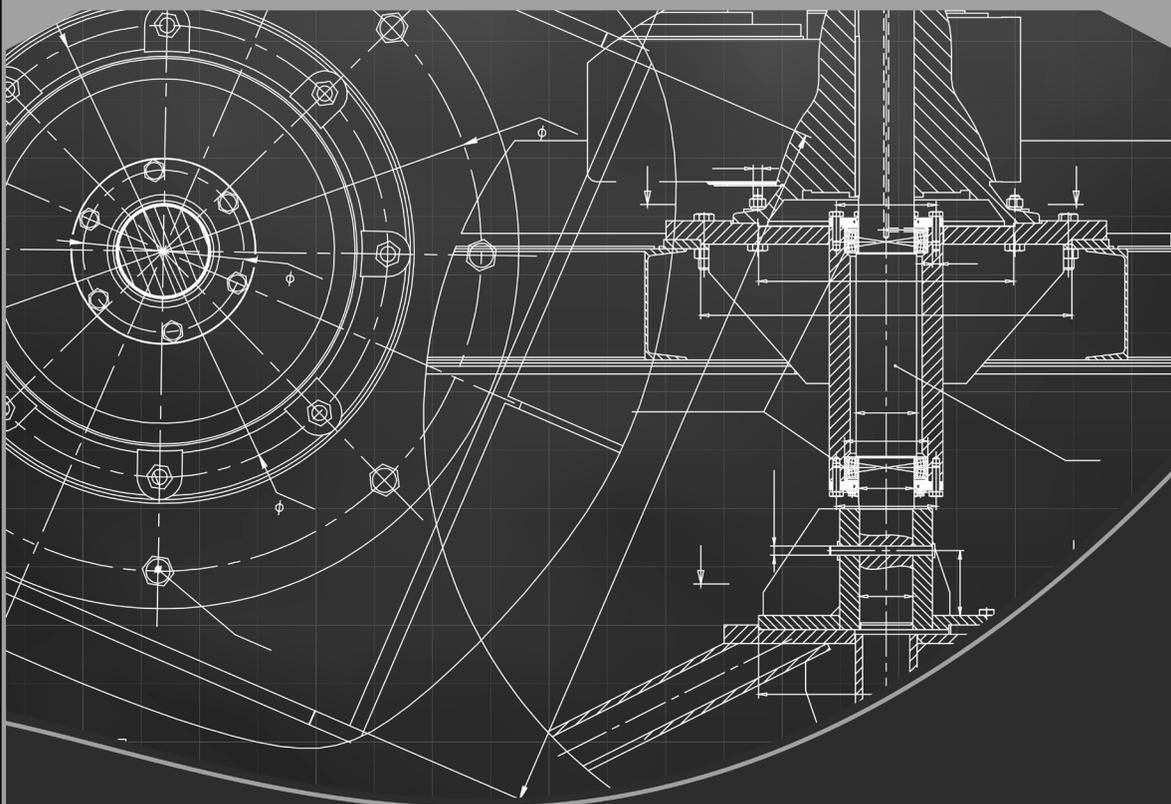
2

🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

📷 @atenaeditora

📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



**Atena**  
Editora

Ano 2021

# Engenharia mecânica:

A influência de máquinas, ferramentas  
e motores no cotidiano do homem

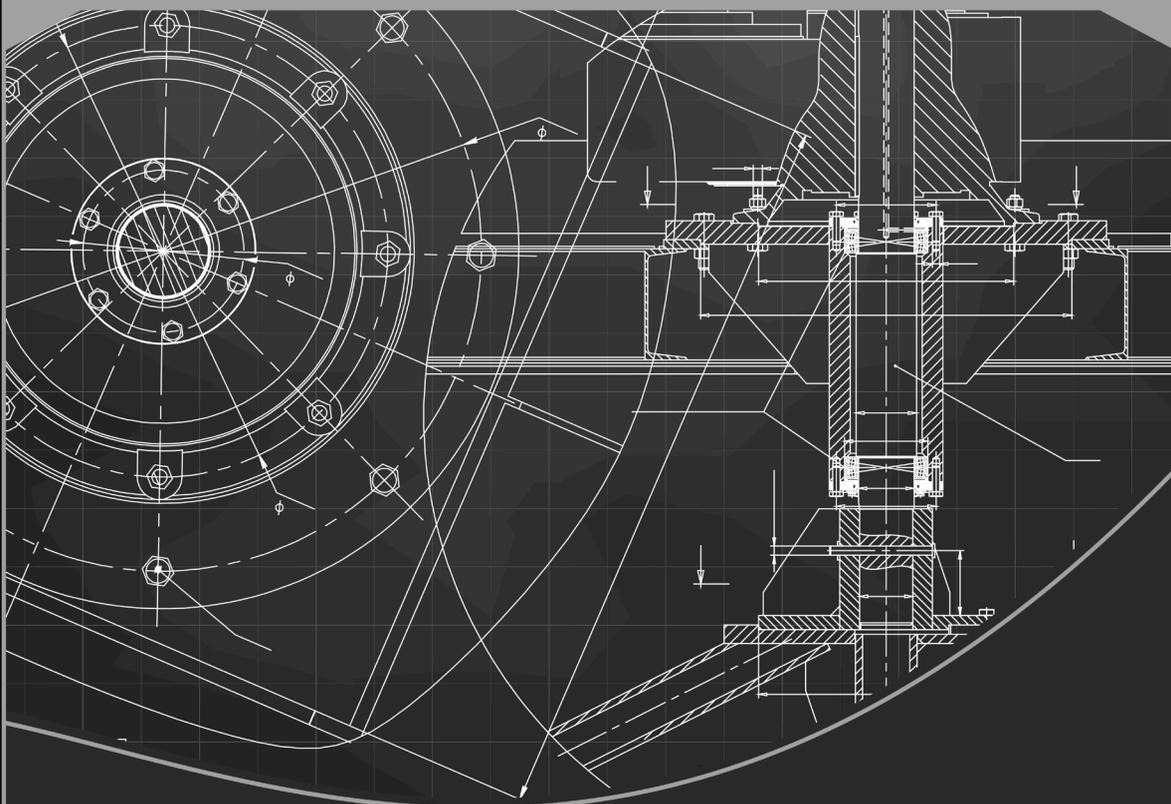
# 2

🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

📷 @atenaeditora

📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



**Atena**  
Editora

Ano 2021