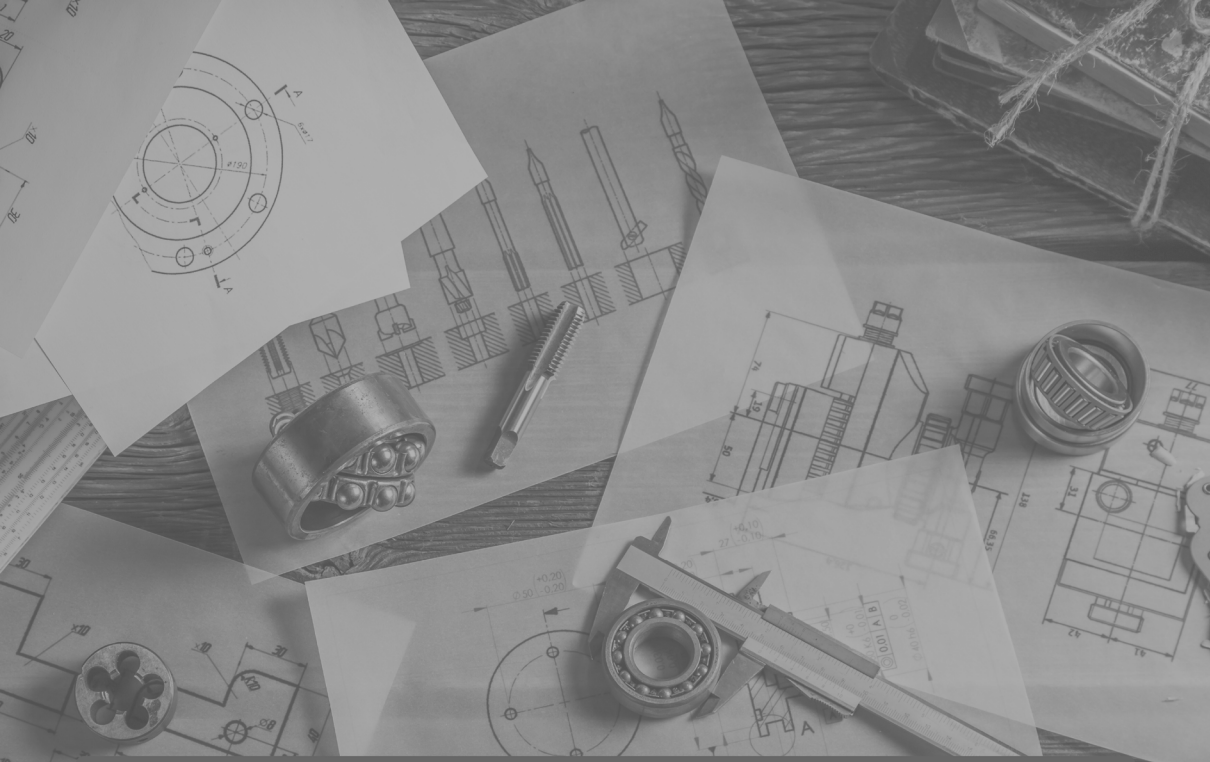


Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

# A aplicação do conhecimento científico na engenharia mecânica

# 3

**Atena**  
Editora  
Ano 2023



Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

# A aplicação do conhecimento científico na engenharia mecânica

# 3

**Atena**  
Editora  
Ano 2023

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 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 Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

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  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof<sup>o</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> 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<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof<sup>o</sup> Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

## A aplicação do conhecimento científico na engenharia mecânica 3

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Henrique Ajuz Holzmann

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b>	
A642	<p>A aplicação do conhecimento científico na engenharia mecânica 3 / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.</p> <p>Formato: PDF  Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  Modo de acesso: World Wide Web  Inclui bibliografia  ISBN 978-65-258-0782-9  DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.829230501">https://doi.org/10.22533/at.ed.829230501</a></p> <p>1. Engenharia mecânica. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 621</p>
<b>Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166</b>	

**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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

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.

Aos autores, agradeço pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura


Henrique Ajuz Holzmann



**CAPÍTULO 1 ..... 1****METROLOGIA PARA ENGENHARIAS: CONSTRUÇÃO DE UM PROJETO METROLÓGICO PARA APLICAÇÃO DE CONCEITOS**

Lisiane Trevisan

Daniel Antonio Kapper Fabricio


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292305011>**CAPÍTULO 2 ..... 11****APLICAÇÃO DE MÉTODO DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS PARA MELHORIA DE PROCESSO DE SOLDAGEM**

Sílvio Caixeta Rodrigues

Pedro Henrique Pires França

Wisley Falco Sales


Lohanna Ferreira Paiva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292305012>**CAPÍTULO 3 .....24****ESTUDO DA LIGA Ti-30Nb-5Mo APLICADA EM IMPLANTES ORTOPÉDICOS**

Alexandra de Oliveira França Hayama

Magna Bibiano de Oliveira

Aguinaldo Soares de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292305013>**CAPÍTULO 4 .....39****INVESTIGATION ON THE MECHANICAL PROPERTY BEHAVIOUR OF THE HYBRID COMPOSITES FROM NATURAL AMAZONIAN FIBRES BY NUMERICAL AND EXPERIMENTAL METHOD**

Gilberto García del Pino

Abderrezak Bezazi

Haithem Boumediri

José Luis Valin Rivera

Antonio Claudio Kieling

Sofia Dehaini Garcia

José Costa de Macedo Neto

Marcos Dantas dos Santos

Tulio Hallak Panzera

César Alberto Chagoyen Méndez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292305014>**CAPÍTULO 5 .....49****APRENDIZADO DE MÁQUINA EMPREGADO EM SOLUÇÕES APLICADAS EM UM BRAÇO MANIPULADOR DIDÁTICO**

Márcio Mendonça


Angelo Feracin Neto

Ricardo Breganon

Rogério Breganon

Emerson Ravazzi Pires da Silva


Vicente de Lima Gongora  
 Michelle Eliza Casagrande Rocha  
 Andre Luis Shiguemoto  
 Celso Alves Correa  
 Matheus Gil Bovolenta  
 Rodrigo Rodrigues Sumar  
 Luiz Francisco Sanches Buzachero  
 Márcio Jacometti  
 Kazuyochi Ota Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292305015>

**CAPÍTULO 6 .....64**

SISMOS: BREVE ABORDAGEM TEÓRICA SOBRE SUA AÇÃO SOBRE ESTRUTURAS, CONTROLE DAS VIBRAÇÕES E DISPOSITIVOS DE CONTROLE PASSIVOS


Tarciso Melo Claudino  
 Natanael de Paula e Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292305016>

**CAPÍTULO 7 ..... 81**

AVALIAÇÃO ANALÍTICA ENERGÉTICA E EXERGÉTICA DO CHUVEIRO ELÉTRICO

Haypha Mendes Vieira  
 Carlos Alberto Chuba Machado  
 Fernando Augusto Alves Mendes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292305017>

**SOBRE O ORGANIZADOR .....98**

**ÍNDICE REMISSIVO .....99**

# CAPÍTULO 4

## INVESTIGATION ON THE MECHANICAL PROPERTY BEHAVIOUR OF THE HYBRID COMPOSITES FROM NATURAL AMAZONIAN FIBRES BY NUMERICAL AND EXPERIMENTAL METHOD

*Data de submissão: 09/12/2022*

*Data de aceite: 02/01/2023*

### **Gilberto García del Pino**

Department of Mechanical Engineering,  
State University of Amazonas, Manaus,  
AM, Brazil  
0000-0003-0754-2390

### **Abderrezak Bezazi**

Laboratoire de Mécanique Appliquée des  
Nouveaux Matériaux (LMANM), Université  
8 Mai 1945, Guelma, Algeria  
0000-0002-4461-6689

### **Haithem Boumediri**

Laboratoire de Mécanique Appliquée des  
Nouveaux Matériaux (LMANM), Université  
8 Mai 1945, Guelma, Algeria  
0000-0002-9578-0948

### **José Luis Valin Rivera**

Escuela de Ingeniería Mecánica, Pontificia  
Universidad Católica de Valparaíso,  
Quilpué 2430000, Chile  
0000-0002-9751-220X

### **Antonio Claudio Kieling**

Department of Mechanical Engineering,  
State University of Amazonas, Manaus,  
AM, Brazil  
0000-0002-0552-954X

### **Sofia Dehaini Garcia**

Department of Mechanical Engineering,  
State University of Amazonas, Manaus,  
AM, Brazil  
0000-0002-8316-0012

### **José Costa de Macedo Neto**

Department of Materials Engineering State  
University of Amazonas, Manaus, AM,  
Brazil  
0000-0003-1155-0027

### **Marcos Dantas dos Santos**

Department of Mechanical Engineering,  
State University of Amazonas, Manaus,  
AM, Brazil  
0000-0002-4356-491X

### **Tulio Hallak Panzera**

Department of Mechanical Engineering,  
Federal University of Sao Joao del Rei,  
UFSJ, Sao Joao del Rei, Brazil  
0000-0001-7091-456X

### **César Alberto Chagoyen Méndez**

Faculty of Mechanical Engineering,  
Central University "Marta Abreu" of Las  
Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba  
0000-0002-9377-3234

**ABSTRACT:** The application of lignocellulosic fibers as reinforcements in composite materials has found increasing use in recent years, due to the attractive characteristics of natural fibers such as their low cost, high specific modulus, biodegradable, abundant and with many technical qualities. Natural fiber hybrid composites are very frequently used in the automotive industry. In this work, a computational and experimental analysis is carried out with the objective of comparing curauá fibers, jute and sisal fibers used in epoxy resin matrix composites for use in industry, determining the most appropriate hybridization effect by establishing the proportions and amounts of each fiber in a hybrid composite with better mechanical properties. To carry out the research, the Finite Element Method was first used, performing several models with different amounts of fibers which were later validated with mechanical tests. The number of Finite Element models and specimens performed was determined through the design of experiments using the Taguchi Method. As a result of the work, a greater strength of the hybrid composites made with greater amount of curauá fiber (20%), jute (10%) and lesser of Sisal fiber (5%) was obtained, both in the results obtained by the Finite Element Method and in the mechanical tests.

**KEYWORDS:** Hybrid composites, finite element method, natural fibres, mechanical testing.

## INVESTIGAÇÃO DO COMPORTAMENTO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS COMPÓSITOS HÍBRIDOS DE FIBRAS NATURAIS AMAZÔNICAS POR MÉTODOS NUMÉRICOS E EXPERIMENTAIS

**RESUMO:** A aplicação de fibras lignocelulósicas como reforço em materiais compósitos tem encontrado uso crescente nos últimos anos devido às características atrativas das fibras naturais como: seu baixo custo, alto módulo específico, biodegradável, abundante e com muitas qualidades técnicas. Compósitos híbridos de fibras naturais são muito usados na indústria automotiva. Neste trabalho é realizada uma análise computacional e experimental com o objetivo de comparar as fibras de curauá, juta e sisal utilizadas em compósitos com matriz de resina epóxi para uso na indústria, determinando o efeito de hibridação mais adequado, estabelecendo as proporções e quantidades de cada fibra em um compósito híbrido com melhores propriedades mecânicas. Para realizar a pesquisa, primeiramente foi utilizado o Método dos Elementos Finitos, realizando diversos modelos com diferentes quantidades de fibras que posteriormente foram validados com ensaios mecânicos. O número de modelos de Elementos Finitos e espécimes realizados foi determinado através do planejamento de experimentos usando o Método Taguchi. Como resultado do trabalho, obteve-se maior resistência dos compósitos híbridos confeccionados com maior quantidade de fibra de curauá (20%), juta (10%) e menor de fibra de sisal (5%), em ambos resultados obtidos pelo Método dos Elementos Finitos e nos ensaios mecânicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Compósitos híbridos, método dos elementos finitos, fibras naturais, ensaios mecânicos.

## 1 | INTRODUCTION

The application of lignocellulosic fibres as reinforcements in composite materials has found increasing use in recent years to replace synthetic fibres such as glass, carbon and

aramid fibres due to the characteristics of natural fibres such as their low cost, low density, high specific modulus, economic and environmental advantages, biodegradable, abundant and with many technical qualities [Pickering et al. 2016, Khelifa et al 2021, Ramesh et al 2017]. Many researchers and various industries have invested in biocomposites for many applications using local natural fibres such as Agave (*Agave americana*), Sisal (*Agave sisalana* Perrine ex Engelm), coconut (*Cocos nucifera*), jute (*Corchorus capsularis*), flax (*Linum usitatissimum*), curaua (*Ananas Erectifolius*), etc. as substitutes for synthetic fibers [Zanichelli et al. 2018, Bezazi et al. 2020, Garcia del Pino et al 2020. It is known that the mechanical performance of a composite material is strongly depends on the nature, orientation of the fibres, the nature of the matrix and also on the quality of adhesion between the two components [Bezazi et al. 2020]. In order to improve the adhesion of the fibre and reduce the water absorption, the surface of the fibre can be modified by physical or chemical methods [Garcia del Pino et al 2021]. Due to this, in this work, fibers treated with 5% by weight sodium hydroxide solutions with an immersion time of 4 hours were used, according to previous research recommendations [Garcia del Pino et al 2021].

In this work was used Epoxy Resin as a matrix, which is a thermosetting system widely used in the industry due to their low cost and adaptability to be transformed into large composite structures [Garcia del Pino et al 2021]. A computational and experimental analysis is carried out with the objective of comparing curauá fibers, jute and sisal fibers used in epoxy resin matrix composites for use in industry, determining the most appropriate hybridization effect by establishing the proportions and amounts of each fiber in a hybrid composite with better mechanical properties. The number of Finite Element models and specimens performed was determined through the design of experiments using the Taguchi Method and the results were statistically validated, which results corresponded with other works done and published previously.

## 2 | METHODOLOGY

The vegetable fibers used in this work were obtained in Santarem, in the State of Pará (Northern Brazil, Amazon region). The matrix of the composite material was the epoxy resin (bisphenol-epichlorhydrin) with a density of  $1.16 \text{ g/cm}^3$  and the epoxy hardener (3154, benzyl alcohol) with a density of  $1.005 \text{ g/cm}^3$  supplied by Redelease company in São Paulo, Brazil. First, the design of the experiment was carried out using the Taguchi Method and the MINITAB 18 software using an L25 matrix with 3 factors and 5 levels as can be seen in Table 1. Following the Taguchi Matrix, a study was carried out using the Finite Element Method (FEM) through Solidworks software code. The FEM has been used in different areas of Engineering, including the evaluation of composite materials with plant fibers [Parashar et al. 2021, Silva et al. 2012, Rajesh et al. 2016]. The dimensions of the models for both the pure resin and the composite with fibers correspond with the dimensions of the standard for

the tensile force D638–14 Type I, as can be seen in Figure 1a [ASTM. 2014]. The contact (bonded) between the fibers and the resin of the specimen was ensured to guarantee the transmission of loads, simulating a correct bonding between the fibers and the matrix. To simulate the tensile test on one of the specimen heads, on both flat faces, fixed-type restrictions were placed, and at the other end, a force of 1150 N was applied in the area corresponding to the faces of the head of the test body as can be seen in figure 1b.

Type of fibre	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
A: Curauá Fibre weight fraction (wt.%)	0	5	10	15	20
B: Sisal Fibre weight fraction (wt.%)	0	5	10	15	20
C: Jute Fibre weight fraction (wt.%)	0	5	10	15	20

Table 1. L25 Taguchi with 5 levels 0 5 10 15 20

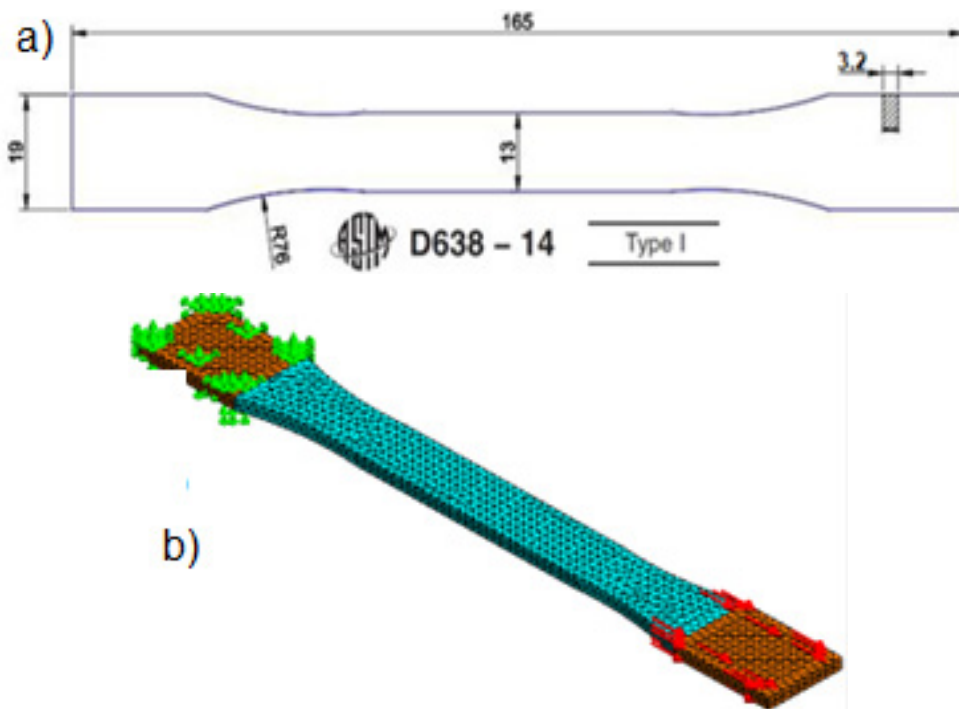


Fig. 1: Finite Element Model: a) Dimensions, b) Model with the mesh, loads and constraints.

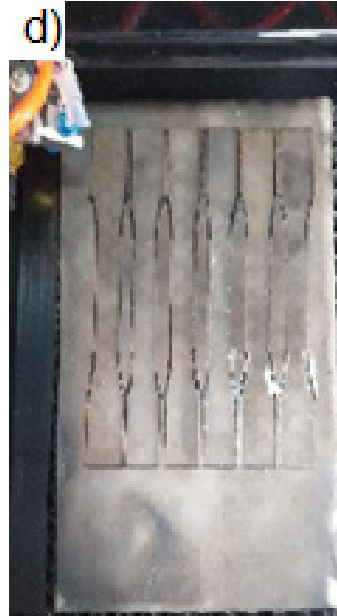
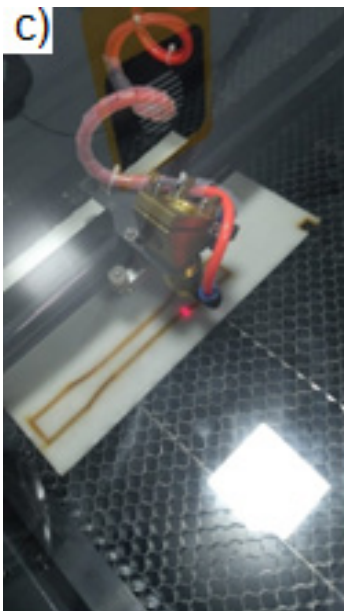


Fig. 2: Manufacture of specimens: a) and b) molded composite plate, c) and d) cutting of specimens in a laser machine,



Fig. 3: Tensile test

### 3 | RESULTS AND DISCUSSIONS

Table 2 shows the results obtained in all models analyzed by the Finite Element Method and the tensile tests for all specimens according to the Taguchi matrix. From the results of the tensile tests, it can be seen that when increasing the fiber content up to 35 %wt., increases the tensile stress, noting a greater increase with the increment of curauá fiber. Figure 4 shows several sections of specimens 1, 2, 14, 15, 24 and 25 modeled by FEM according to the Taguchi Matrix before processing (a) and after processing (b). The amount of fiber in each model corresponds to % by weight. It can be seen in model 2b, that the Sisal and jute fibers are equally loaded (sample 2) and when introducing curauá fibers they absorb much more loads because they are more resistant (sample 15, figure 15b).



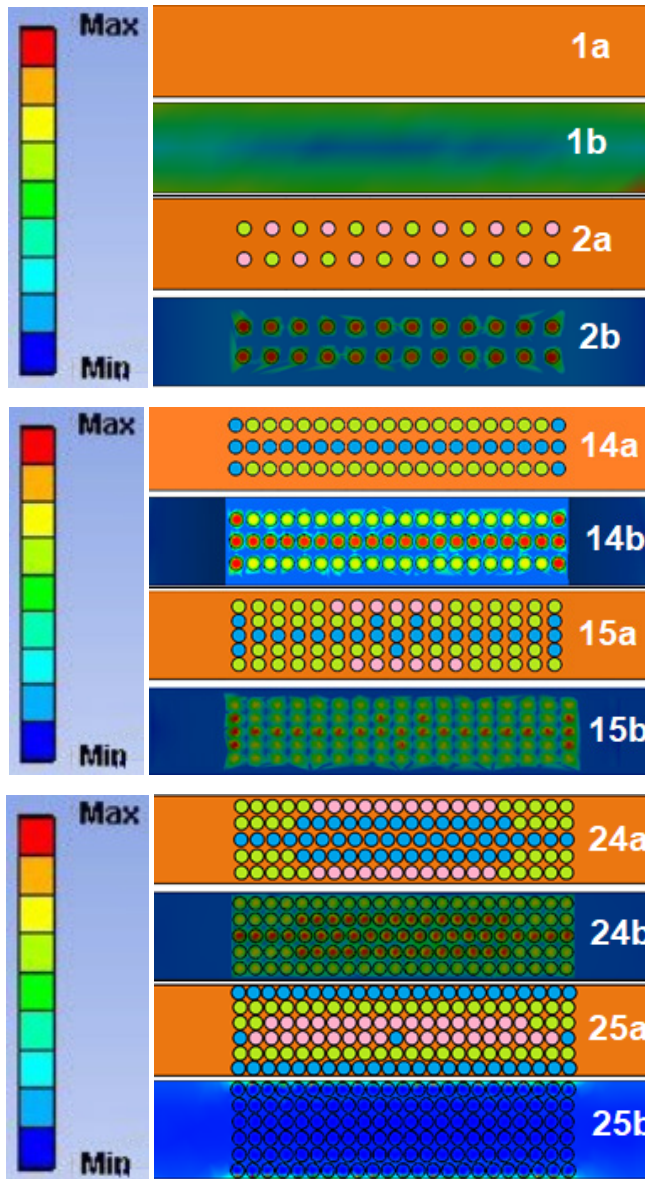


Fig. 4: Finite Element Model of 6 tests bodies (1, 2, 14, 15, 24, 25)

The experimental data is transformed into a signal to noise ratio (S/N) to determine the optimal parameter configuration to maximize tensile properties. As Taguchi's analysis aims to maximize the tensile strength, the S/N ratio criterion chosen is the larger is better (LBT) [Garcia del Pino et al 2021]. For the analysis of the results, ANOVA for tensile strength was used and the regression equation (Equation 1) was determined. The standardized effect of the factors is examined by preparing a Pareto chart (Figure 5), which depicts the most influential factor in the response. The analysis suggests that the curauá fibre amount

is the most effective factor, significantly contributing to the tensile strength.

Regression Equation

Tensile Strength =

$$35,70 + 9,18 A + 8,40 B + 4,01 C - 0,2046 A*A - 0,2023 B*B - 0,2594 C*C - 0,3977 A*B - 0,0389 A*C.....(1)$$

Test Body	A (wt.%)	B (wt.%)	C (wt.%)	von Mises (FEM), (MPa)	Elongation (FEM) (%)	Tensile strength (MPa)	Signal to Noise Ratios
1	0	0	0	39.7	0.82	36±0.94	-
2	0	5	5	143.3	0.78	92±0.67	39,83
3	0	10	10	101.5	0.66	102±0.67	41,54
4	0	15	15	77.99	0.72	125 ±0.66	39,91
5	0	20	20	66.06	0.98	98±0.67	40,76
6	5	0	5	176.3	0.76	97±0.67	38,63
7	5	5	10	118.9	0.67	104±0.67	40,79
8	5	10	15	96.61	0.71	127 ±0.66	41,46
9	5	15	20	84.29	1.24	98±0.67	41,17
10	5	20	0	105.5	0.65	121 ±0.66	39,83
11	10	0	10	121.6	0.64	106±0.67	38,47
12	10	5	15	96.51	0.7	128 ±0.66	40,73
13	10	10	20	72.54	1.18	98±0.67	41,40
14	10	15	0	105.3	0.654	124 ±0.66	41,22
15	10	20	5	89.53	1.27	136±0.84	40,05
16	15	0	15	91.64	0.69	125 ±0.66	38,63
17	15	5	20	80.35	1.07	98±0.67	40,79
18	15	10	0	102.1	0.64	128 ±0.66	41,46
19	15	15	5	85.80	0.73	140±0.84	41,17
20	15	20	10	74.16	1.28	92±0.67	39,83
21	20	0	20	77.80	1.02	98±0.67	38,47
22	20	5	0	95.63	0.61	131 ±0.66	40,73
23	20	10	5	83.87	1.27	143±0.84	41,40
24	20	15	10	71.34	1.27	92±0.67	41,22
25	20	20	15	116.0	1.45	61±0.55	40,05

Table 2 Results analyzed by the Finite Element Method and the tensile tests

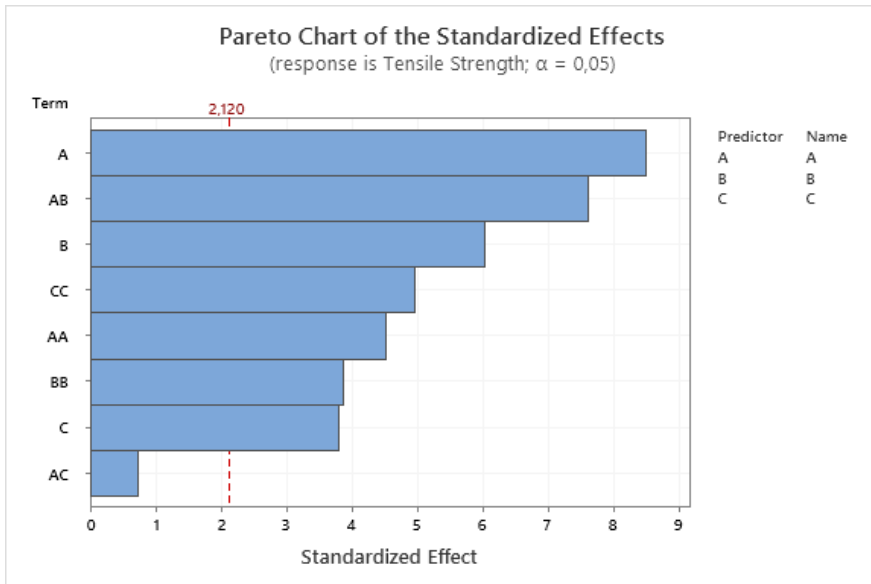


Fig. 5: Pareto chart of the standardized effects

## 4 | CONCLUSIONS

Through the results of the computational part of the work, it can be seen that when increasing the amount of fiber, the von Mises stresses and deformations decrease, which improves the tensile strength of the specimens, which is verified in the results of the tensile tests. In the experimental part, it was found that when increasing the amount of fibers, the tensile effort increased up to an amount of vegetable fiber equal to 35 %Wt, the greatest increase being when placing curauá fibers.

## REFERENCES

ASTM. American Society for Testing and Materials. **ASTM D638-14: Standard test method for tensile properties of plastics**. West Conshohocken: ASTM International, 2014.

Bezazi A. et al. **Alkali treatment effect on physicochemical and tensile properties of date palm rachis fibers**. Journal of Natural Fibers 2020. doi.org/10.1080/15440478.2020.1848726.

Garcia del Pino G. et al. **Hybrid polyester composites reinforced with curauá fibres and nanoclays**, Fibers and Polymers. v 21, 2020. doi.org/10.1007/s12221-020-9506-7.

Garcia del Pino G. et al. **Optimal tensile properties of biocomposites made of treated Amazonian curauá fibres using Taguchi Method**. Materials Research, v.24, 2021. doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2021-0326

Khelifa H. et al. **Mechanical characterization of mortar reinforced by date palm mesh fibers: Experimental and statistical analysis**. Construction and Building Materials, v.300, 2021. doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124067.

Parashar, S.; CHAWLA, V. K. **Evaluation of fiber volume fraction of kenaf-coir-epoxy based green composite by finite element analysis**. Materials Today: Proceedings. V.50, 2021, doi.org/10.1016/j.matpr.2021.08.147.

Pickering K.L et al. **A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance**. Composites: Part A, v.83, 2016, doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.08.038.

Rajesh, M. et al. **Finite element analysis of coir / Banana fiber reinforced composite material.**, Int. J. Adv. Res. Mech. Eng. Technol. V (4), 2016.

Ramesh M., Palanikumar K., Reddy K.H. **Plant fibre based bio-composites: Sustainable and renewable green materials**. Renew. Sustain. Energy Rev., v. 79, 2017. doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.094.

Silva, J. L.; et al. **Numerical and experimental analyses of biocomposites reinforced with natural Fibres**, Int. J. Mater. Eng. V.2, 2012. doi.org/10.5923/j.ijme.20120204.03.

Zanichelli A. et al. **Contribution of date-palm fibres reinforcement to mortar fracture toughness**. Procedia Struct. Integrity, v. 13, 2018. doi.org/10.1016/j.prostr.2018.12.089.

**C**

Chuveiro elétrico 81, 82, 83, 86, 89, 91, 93, 95, 96

Cinemática inversa 50, 51, 52, 56, 61, 62

Controle 3, 7, 9, 11, 13, 14, 19, 20, 21, 22, 51, 56, 64, 65, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 86, 87, 88, 89, 94

**D**

Deformação plástica 25, 29, 30, 31, 35, 37

**E**

Edifícios 64, 65, 66, 75, 77, 78, 79, 80

Educação 1, 2, 3, 9, 10, 80

Eficiência 12, 15, 71, 72, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 93, 95, 96

Engenharia Mecânica 1, 3, 10, 11, 15, 24, 36, 37, 49, 50, 64, 80, 98

Envelhecimento 24, 25, 27, 33, 34, 35, 36, 37

Estruturas 26, 64, 65, 68, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80

Exergia 81, 82, 83, 86, 87, 89, 90, 94, 95

**L**

Ligas de titânio 24, 25, 26, 30

**M**

Metrologia 1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 96

Módulo de elasticidade 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36

**N**

Normas 22, 81, 85, 86, 95, 96

Normatização 84

**R**

Redes neurais artificiais 50, 51, 55, 56, 62

**S**




Sismos 64, 65, 66, 67, 68, 70, 73, 75, 76, 78, 80

**V**

Visão computacional 50, 51, 52, 54, 61, 62



# A aplicação do conhecimento científico na engenharia mecânica





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

# 3

**Atena**  
Editora  
Ano 2023



# A aplicação do conhecimento científico na engenharia mecânica

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

# 3

**Atena**  
Editora  
Ano 2023