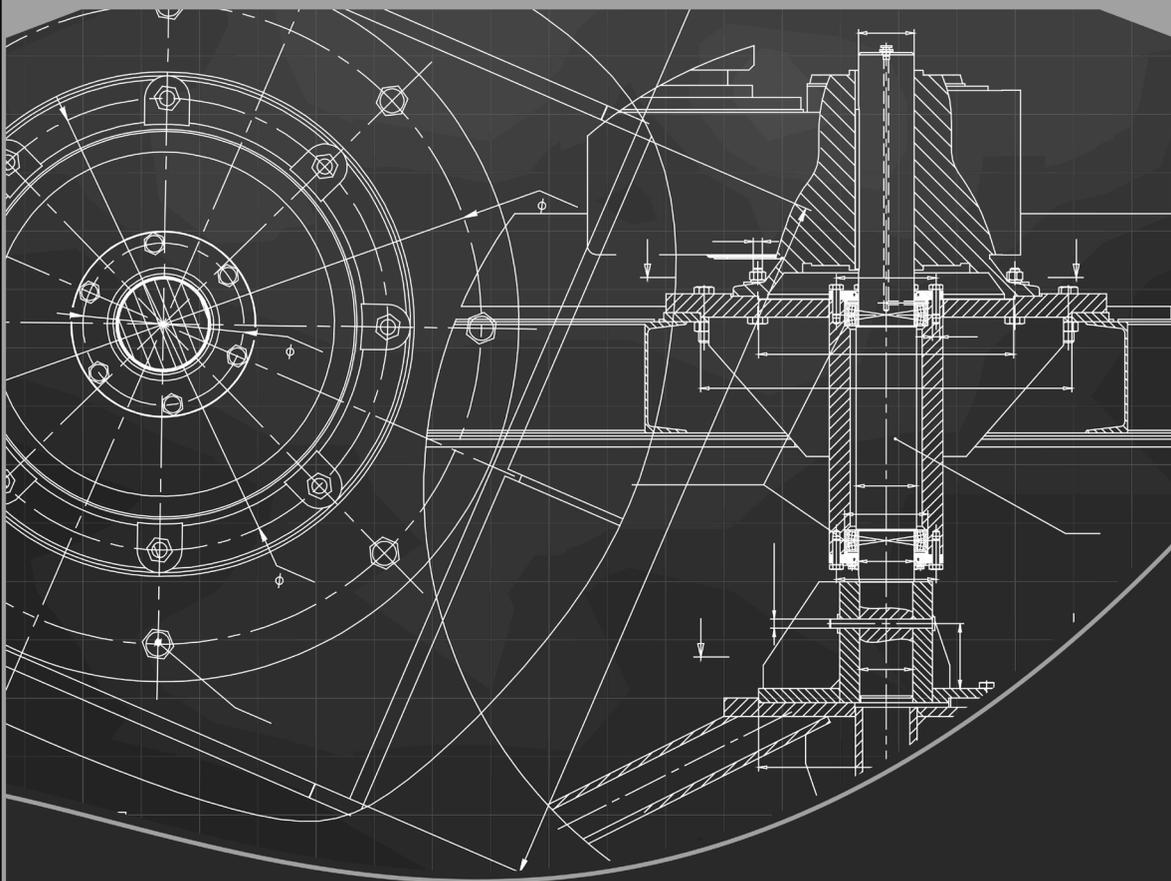


# Engenharia mecânica:

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

2

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
(Organizadores)



**Atena**  
Editora

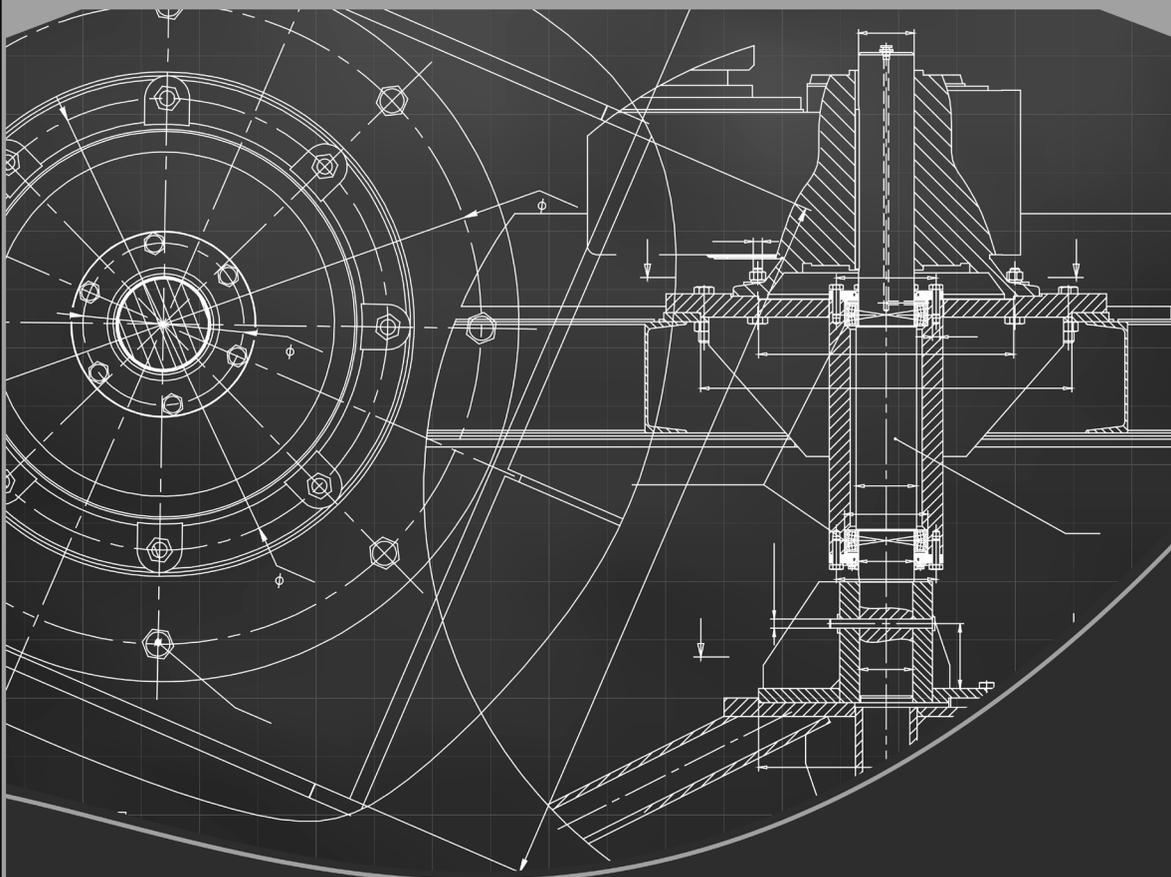
Ano 2021

# 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. Eloi 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 12

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

*Data de aceite: 01/06/2021*

### **Lisiane Trevisan**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Rio Grande do Sul  
Farroupilha – RS

### **Daniel Antonio Kapper Fabricio**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Santa Catarina  
Chapecó – SC

**RESUMO:** A limitação de recursos para a construção de bancada didáticas no ensino superior gera a necessidade da criação de novas metodologias para disciplinas até então teóricas. Nesta ótica, este trabalho tem como objetivo a criação de uma metodologia de ensino para a disciplina de metrologia para o curso superior em engenharia mecânica. Para isso, este trabalho pretende mostrar uma prática aplicada dentro da disciplina de Metrologia, cujo nome é Projeto Metrológico. Este projeto proporciona a aplicação dos conceitos com base em medições realizadas pelos próprios alunos. As medições foram realizadas com base na escolha de um componente metálico que já tenha sido submetido a esforços mecânicos (rolamentos automotivos). As medições devem ser realizadas com a variação de diferentes parâmetros: instrumento de medição, técnicos e amostras. Com base nos resultados, os discentes foram orientados a determinar os erros de medição e o valor da incerteza de medição. Suas

conclusões devem estar voltadas a comparação dos valores de incerteza de medição e os valores verdadeiros convencionais e tolerância determinados inicialmente. Observou-se que melhorias devam ser realizadas para a aplicação desta metodologia nos próximos semestres, como o reforço na demonstração dos cálculos de incerteza de medição.

**PALAVRAS-CHAVE:** Metrologia, Educação para engenharia, Engenharia mecânica.

**ABSTRACT:** The limitation of resources for the construction of didactic benches in higher education generates the need to create new methodologies for previously theoretical disciplines. In this light, this work aims to create a teaching methodology for the discipline of Metrology in a higher course of mechanical engineering. For this, this work intends to show an applied practice, named Metrological Project, within the discipline of Metrology. This project provides the application of concepts based on measurements made by the students themselves. The measurements were made based on the choice of a metallic component that had already been subjected to mechanical stresses (automotive bearings). Measurements were performed by varying different parameters: measuring instrument, technicians and samples. Based on the results, students were oriented to perform the determination of measurement errors and measurement uncertainty. Their conclusions aimed at the comparison of the measurement uncertainty values and the conventional true values and tolerance initially determined. It was observed that improvements should be made for

the application of this methodology in the next semesters, such as the reinforcement in the demonstration of the measurement uncertainty calculations.

**KEYWORDS:** Measurement, Education in engineering, Mechanical engineering.

## 1 | INTRODUÇÃO

Metrologia é a ciência que trata das medições como um todo, abrange todos os aspectos teóricos e práticos relativos às medições (INMETRO, 2012). A metrologia está presente em diferentes áreas da ciência, desde a medição de massa quando compramos maçãs na feira, quando abastecemos carro com combustível até grandes valores como a construção de um mapa geológico (FARUOLO, 2005).

A educação é uma ciência em constante transformação, e na contemporaneidade ela passa por novos desafios. Em 2003, Libâneo já sugeria algumas atitudes docentes necessárias diante da realidade do mundo contemporâneo, entre as quais pode-se mencionar a aprendizagem ativa e ensino como mediação e saber utilizar as novas tecnologias (LIBÂNEO, 2003).

Segundo Moran (2015), as escolas estão mudando para modelos mais centrados em aprender ativamente com problemas reais, desafios relevantes, jogos, atividades e leituras, valores fundamentais, combinando tempos individuais e tempos coletivos; projetos pessoais de vida e de aprendizagem e projetos em grupo. A tendência é priorizar o envolvimento maior do aluno, com metodologias ativas como o ensino por projetos de forma mais interdisciplinar, o ensino híbrido e a sala de aula invertida.

Atualmente, na educação, a tendência é priorizar o envolvimento maior do aluno, com metodologias ativas de aprendizagem e o ensino híbrido, contemplando os avanços tecnológicos recentes, de forma especial as tecnologias de informação e comunicação (LEITE, 2014).

Um dos desafios da atualidade é ensinar conceitos teóricos de uma forma diferente da metodologia tradicional de ensino, ou seja, ensinar através do uso de conceitos dentro de aplicações práticas. Mas, como criar uma metodologia de forma eficiente?

Podem ser utilizadas plataformas digitais para isso, mas esse trabalho busca um objetivo maior: fixação e aplicação dos conceitos de metrologia dentro das áreas de qualidade e controle de qualidade, aliada à melhoria de resultados com o uso de conceitos da estatística dentro de projetos práticos de aplicação industrial.

Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar uma prática didática criada para a aplicação dos conceitos teóricos de metrologia (tais como sistema de medição, calibração, determinação de erros e calibração) dentro de um exercício prático nas aulas de metrologia do curso de engenharia mecânica do campus Farroupilha do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS).

## 2 | METODOLOGIA APLICADA

Para o desenvolvimento do trabalho foram determinadas algumas regras iniciais para que o processo de medição fosse transcrito de uma forma uniforme, assim todos os alunos possuíam as mesmas ferramentas para o desenvolvimento do trabalho.

Inicialmente, na primeira aula do semestre, ocorre a escolha do componente que será usado para a prática educacional. Várias turmas escolheram diferentes materiais, desde estudo metrológico de lápis de cor, pistão automotivo e dobradiça de porta. A escolha está focada na disponibilidade destes componentes para que o grupo possa adquirir/buscar estes componentes a baixo custo.

Para o desenvolvimento do projeto, foi determinado inicialmente que os grupos deveriam ser formados com 2 alunos e 3 peças com mesmas características mecânicas. Grupos com grande número de alunos prejudica a distribuição de tarefas, sendo apenas um aluno sobrecarregado (em grande maioria dos casos) e um grande número de peças também onera um tempo muito grande para a realização das medidas que precisam serem feitas.

A escolha de três peças de um mesmo tipo justifica-se para possibilitar a comparação entre os indivíduos e os instrumentos, além da comparação entre as medidas obtidas pelas diferentes amostras entre si. Esta comparação é fundamental para a aplicação de conceitos como erros de medição e a estimativa da incerteza de medição.

Então, a sequência da metodologia aplicada a este projeto está resumida nas seguintes etapas:

- Apresentação dos conceitos teóricos em conjunto com o andamento do projeto metrológico;
- Definição dos parâmetros do projeto metrológico – com escolha do componente que será usado no projeto;
- Escolha do instrumento de medição mais adequado – escolha realizada pelo grupo de alunos;
- Calibração dos instrumentos de medição que serão usados no projeto metrológico;
- Realização das medidas dos componentes metálicos escolhidos;
- Cálculo estatístico: média, desvio-padrão e construção de histograma dos valores medidos;
- Estimativa de fontes de erro e cálculo da incerteza de medição conforme orientações do professor;
- Elaboração do relatório final – ao longo do semestre e entrega do relatório final;
- Apresentação oral do projeto final para a turma;

O projeto foi avaliado com base em duas avaliações: relatório escrito e apresentação oral pelo grupo de alunos para a turma do semestre. O relatório escrito foi construído

com o auxílio do docente ao longo das aulas do semestre e assim, o desenvolvimento do trabalho foi realizado acompanhando ao longo das etapas. A apresentação oral auxilia no desenvolvimento da capacidade de síntese de um projeto, assim os alunos precisam treinar a síntese de um projeto desenvolvido ao longo de meses a ser realizado no tempo estipulado de 15 minutos.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O componente escolhido para a apresentação dos resultados está focado no estudo dimensional de um componente automotivo (rolamento), conforme descrito na Figura 1.

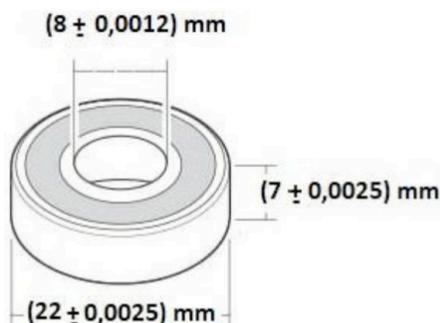


Figura 1 - Demonstração do rolamento automotivo escolhido pelos grupos da turma 2019 – primeiro semestre. Desenho inclui cotas e tolerâncias. Medidas em milímetros.

Conforme demonstrado na Figura 1, o componente metálico escolhido possui um número grande de características de qualidade as quais precisam ser monitoradas dentro do processo produtivo para que o mesmo obtenha garantia deste produto.

Neste projeto metrológico, o docente permite que cada grupo determine, conforme sua experiência e vivência industrial, que sejam estabelecidas as variáveis (características da qualidade) as quais o grupo considere como importante. Os valores de referência (valor verdadeiro convencional) e sua tolerância também serão descritos pelos alunos.

Para o projeto metrológico do primeiro semestre de 2019, os parâmetros e seus valores estão descritos na Tabela 1 conforme a descrição individual de cada grupo.

Grupo	Parâmetro 1	Parâmetro 2	Parâmetro 3
A	Espessura $7,000 \pm 0,0025$ mm	Diâmetro Interno $8 \pm 0,0012$ mm	Diâmetro Externo $22 \pm 0,0025$ mm
B	Altura $16$ mm $\pm 15\mu\text{m}$	Diâmetro Interno $30$ mm $-13\mu\text{m}$	Diâmetro Externo $62$ mm $+ 13\mu\text{m}$
C	Altura $23,40$ mm	Diâmetro Interno $40$ mm	Diâmetro Externo $90,8$ mm
D	Altura $23,80 \pm 0,05$ mm	Diâmetro Interno $30,00 \pm 0,05$ mm	Diâmetro Externo $62,00 \pm 0,05$ mm

Tabela 1 - Parâmetros escolhidos pelos alunos para o desenvolvimento do projeto metrológico.

Conforme mostrado na Tabela 1, os rolamentos usados por cada grupo foram diferentes entre si, ou seja, rolamento com diferentes usos. A única exigência é que os componentes que o grupo irá trabalhar devam ter mesmas especificações, além disso, os mesmos deveriam ser usados ou terem sido submetidos a esforços mecânicos.

A Tabela 1 mostra que as cotas escolhidas para a realização do estudo metrológico foram praticamente as mesmas, espessura/altura, diâmetro interno e diâmetro externo.

Observa-se que o grupo C não estipulou qualquer tolerância do produto pronto, o que é um problema e o mesmo foi verificado apenas na entrega dos relatórios escritos, devido ao atraso das atividades. Nota-se também que não há uma uniformidade do número de casas decimais, com exceção do grupo D, sendo que algumas nem apareceram no valor nominal caso B e C, o que mostra o desconhecimento do conhecimento relacionado a algarismos significativos, conteúdo abordado no início do curso de graduação, mas há dificuldades na aplicação dos conceitos. Além disso, o grupo B misturou medidas em milímetros e micrômetros, o que também é um erro do ponto de vista da Metrologia.

A partir das cotas declaradas com suas respectivas tolerâncias, os grupos iniciaram a realização das medidas. Como o objetivo desta disciplina é a interpretação das medidas e o que fazer com as mesmas, lidar com esse desafio faz parte das atividades de um engenheiro mecânico. Fica bem claro deste o início da disciplina que poucos engenheiros têm pela frente o desafio de realizar medidas ao longo de sua jornada profissional, grande maioria trabalha com valores medidos por outros técnicos ou departamentos dentro da empresa e, a partir dos valores medidos, precisam tomar medidas com esses valores.

A segunda etapa do projeto foi a escolha do instrumento de medição mais adequado, escolhido pelo grupo. Nesta etapa, a resolução do equipamento e suas características devem ser avaliadas pelo grupo e o docente permite que cada grupo realize a sua escolha e justifique sua escolha no relatório escrito. Ressalta-se que mesmo que os conceitos teóricos tenham sido previamente apresentados, os grupos em grande parte acabam realizando uma escolha que não abrange as tolerâncias apresentadas inicialmente.

### 3.1 Calibração

De acordo com o Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM), calibração pode ser definida como:

“Operação que estabelece, sob condições especificadas, numa primeira etapa, uma relação entre os valores e as incertezas de medição fornecidos por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas; numa segunda etapa, utiliza esta informação para estabelecer uma relação visando a obtenção dum resultado de medição a partir duma indicação” (INMETRO, 2012, p. 27).

Dentro do procedimento de calibração são tratados outros conceitos como rastreabilidade e sistema de medição. Estes conceitos muitas vezes não são compreendidos em sua integralidade.

Como os instrumentos de medição existentes no campus Farroupilha do Instituto Federal do Rio Grande do Sul não estão calibrados, e além disso, mostra-se a necessidade da realização da calibração dentro do projeto metrológico.

A etapa subsequente à escolha do instrumento é a realização da calibração do mesmo com o sistema metrológico e recursos internos ao sistema. O processo de calibração deverá ser feito com a comparação dos valores medidos no instrumento de medição com os valores indicados por um conjunto de blocos-padrão. Os valores de erro de medição calculados para os instrumentos de medição usados por cada grupo estão especificados pela Tabela 2.

Grupo	Calibração – Instrumento de Medição 1	Calibração – Instrumento de Medição 2
A	A calibração foi realizada para apenas um bloco-padrão. Erro de +0,015 mm Erro zero = zero	A calibração foi realizada para apenas um bloco-padrão. Erro de +0,015 mm Erro zero = zero
B	A etapa de calibração foi realizada, porém o valor do erro foi determinado como zero.	A etapa de calibração foi realizada, porém o valor do erro foi determinado como zero.
C	Não realizou a etapa de Calibração dos instrumentos de medição.	Não realizou a etapa de Calibração dos instrumentos de medição.
D	Realizou a calibração do instrumento para 3 blocos-padrão com os valores de erro: 20 mm = 0,00 mm 30 mm = 0,00 mm 60 mm = -0,05 mm	Realizou a calibração do instrumento para 3 blocos-padrão com os valores de erro: 20 mm = +0,05 mm 30 mm = 0,00 mm 60 mm = +0,05 mm

Tabela 2 – Calibração para cada um dos dois instrumentos usados.

Na Tabela 2, o erro do instrumento indica a diferença entre o valor medido e o valor de referência do bloco padrão. É possível observar que mesmo que a aula teórica tenha sido a mesma para a turma de alunos, cada grupo procedeu da forma que achou

mais adequado. Se for comparado entre os 4 grupos, cada um deles procedeu de forma independente e diferente entre si.

Ainda assim, para compor o erro relacionado à calibração do instrumento, fonte de incerteza para o cálculo do valor da incerteza de medição, esta fonte de incerteza foi considerada como sendo o erro relacionada à calibração mais o erro do zero (valor marcado quando o instrumento é posicionado no valor zero, início da escala). O que foi executado apenas pelo grupo A.

### 3.2 Realização das medições

Após a realização da calibração dos instrumentos de medição, os rolamentos passaram por limpeza. Depois de limpos, foram realizadas as medidas das características da qualidade conforme descrito na Tabela 1.

A orientação inicial era que para cada característica da qualidade escolhida, o grupo deveria realizar as medidas para cada um dos alunos e para cada um dos dois instrumentos de medição, repetindo as medidas de cada condição 5 vezes. Assim, os grupos deveriam realizar as medidas da seguinte forma:

- Aluno 1 – instrumento de medição 1 – controle de qualidade 1;
- Aluno 1 – instrumento de medição 1 – controle de qualidade 2;
- Aluno 1 – instrumento de medição 1 – controle de qualidade 3;
- Aluno 1 – instrumento de medição 2 – controle de qualidade 1;
- Aluno 1 – instrumento de medição 2 – controle de qualidade 2;
- Aluno 1 – instrumento de medição 2 – controle de qualidade 3;
- Aluno 2 – instrumento de medição 1 – controle de qualidade 1;
- Aluno 2 – instrumento de medição 1 – controle de qualidade 2;
- Aluno 2 – instrumento de medição 1 – controle de qualidade 3;
- Aluno 2 – instrumento de medição 2 – controle de qualidade 1;
- Aluno 2 – instrumento de medição 2 – controle de qualidade 2;
- Aluno 2 – instrumento de medição 2 – controle de qualidade 3;

Devido à extensão de dados gerados com esta combinação de parâmetros, os valores não serão apresentados neste trabalho. Mas ressalta-se que o objetivo principal na geração destes dados foi a comparação entre os valores medidos para diferentes alunos, instrumentos de medição e controle de qualidade. Nem todos os grupos mostraram interesse na realização de todas as combinações, tampouco na interpretação dos dados gerados nestas medições.

### 3.3 Incerteza de Medição

O processo de calibração realizado nos instrumentos de medição garante os valores de incerteza de medição calculados para as medidas realizadas nos componentes. Assim a calibração com rastreabilidade indicada reduz os erros e aumenta a confiabilidade dos valores medidos (FERNANDEZ, 2009).

Após realizar as medidas, os grupos foram orientados a estimar a incerteza de medição, que pode ser definida como um “parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a um mensurando, com base nas informações utilizadas” (INMETRO, 2012, p. 24).

O método de cálculo apresentado aos alunos deveria considerar apenas duas fontes de incerteza de medição: fonte relacionada a calibração dos instrumentos usados e a fonte relacionada ao desvio padrão das medições realizadas. Limitar o número de fontes de incerteza tem o objetivo de simplificar a realização dos cálculos. A Tabela 3 apresenta os valores de incerteza de medição.

Grupo Parâmetro	A	B	C	D
Espessura/ Altura	$7,02 \pm 0,056$ mm	$16,02 \pm 0,07$ mm	Não foi determinado	$23,78 \pm 0,09$ mm
Diâmetro Interno	$8,00 \pm 0,056$ mm	$29,98 \pm 0,07$ mm	Não foi determinado	$30,00 \pm 0,09$ mm
Diâmetro Externo	$22,01 \pm 0,056$ mm	$62,04 \pm 0,07$ mm	$90,75 \pm 0,0108$ mm	$62,00 \pm 0,09$ mm

Tabela 3 – Valores de incerteza de medição calculados para cada grupo.

Ressalta-se que mesmo demonstrando o método de cálculo para o valor de incerteza de medição, os valores são significativamente diferentes entre si, quando observado a ordem de grandeza. Todos os grupos analisados utilizaram mesmo tipo de instrumento de medição e com mesma resolução, o que demonstra mais uma vez falta de conhecimento para algarismos significativos. Por exemplo, um instrumento de medição com resolução para dois algarismos não pode fornecer incerteza de medição para quatro algarismos significativos.

O grupo C não realizou o estudo metrológico para as cotas espessura/altura e diâmetro interno alegando falta de tempo para o desenvolvimento do projeto, o que não ocorreu com os demais grupos (A, B e D). Isso leva a crer que o grupo não soube distribuir as atividades ao longo do semestre letivo.

Observa-se, na Tabela 3, que alguns dos valores médios foram expressos como inteiros, o que indica que os alunos podem ter (erroneamente) arredondado alguns dos valores médios. Foi ressaltado que o importante não apresentar os valores medidos que sejam exatos aos valores teóricos (VVC).

Durante a apresentação final do projeto metrológico, foram argumentadas as diferenças e semelhanças entre os valores teóricos e os valores obtidos nas médias dos valores medidos. Muitos grupos não souberam explicar as diferenças, e os argumentos para explicação foram vários como: “a diferença deve estar focada no instrumento de medição que é diferente ao instrumento de medição que o fabricante de rolamentos usa”, outro grupo comentou que “não sabíamos usar o instrumento de medição e isso pode ter causado erros de medida”, e até outros comentários mais coerentes com a realidade “por se tratar de um rolamento usado, por isso encontramos incerteza de medição tão baixa”.

Comparando os valores de incerteza de medição com os valores descritos inicialmente como VVC (Valor Verdadeiro Convencional) e sua tolerância, a finalização do projeto metrológico precisa responder ao seguinte questionamento: os valores estabelecidos inicialmente para cada cota foram determinados na prática?

Assim, os valores determinados na Tabela 1 e a Tabela 3 foram então apresentados pelos alunos e assim eles deveriam classificar entre “APROVADO”, onde os valores experimentais encontram-se dentro do intervalo teórico; e “NÃO APROVADO”, para quando não abrangem os critérios “APROVADO”.

Para todos os critérios de controle de qualidade para todos os grupos, os valores obtidos experimentalmente não foram aprovados. Todos os grupos usaram do mesmo argumento para justificar a não aprovação: o valor da incerteza de medição é maior que o valor da tolerância estipulada anteriormente, o que é um equívoco. Também argumentaram que posteriormente a todas as medidas realizada, foi possível observar que a o instrumento de medição escolhido não possuía a resolução exigida para a obtenção da tolerância, o que também mostra desconhecimento dos alunos.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia apresentada por este trabalho mostrou-se importante quando focado no desenvolvimento do aluno, os alunos mostraram mais interessados pelo assunto, devido à aplicação dos conceitos teóricos apresentados na etapa teórica da disciplina.

De um modo geral, a metodologia aplicada à turma de metrologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Farroupilha apresentou-se satisfatória, dentro do planejado.

Ressalta-se que melhorias na metodologia mostrada precisam ser realizadas, quando focamos no desenvolvimento do projeto ao longo do semestre, mesmo com o acompanhamento do docente, em muitas vezes, os discentes não entregam as atividades parciais alegando grande número de desculpas e assim, acarretando no atraso de etapas e na não conclusão de algumas tarefas, como a etapa de calibração.

Outra importante melhoria que deverá ser realizada nos próximos semestres está focada na apresentação dos exemplos práticos e variados da aplicação da incerteza de medição. Os grupos não conseguiram realizar essa etapa de modo satisfatório. Na

apresentação de dois grupos, os valores apresentados no projeto estavam idênticos a exemplos aplicados em sala de aula, valores que não se aproximaram aos valores medidos.

Outro fator a ser destacado é a comparação entre os valores de incerteza de medição e os valores de tolerância, a comparação entre os valores, a qual foi realizada de modo insatisfatório. Todos os 4 grupos alegaram que se os valores de incerteza de medição e os de tolerância determinados inicialmente fossem distintos, o processo de medição usado e os componentes mecânicos não seriam aprovados dentro de um processo produtivo, o que é um equívoco.

Busca-se nos próximos trabalhos novas formas de aplicação de conceitos aplicados a metrologia, em que hajam interdisciplinaridade com outras disciplinas do curso de engenharia mecânica, assim podendo mostrar a aplicação de conceitos não só dentro da própria disciplina, mas em outras áreas de abrangência do curso.

## REFERÊNCIAS

FARUOLO, L. B.; FERNANDEZ, J. L. **A importância do ensino de metrologia, com foco na incerteza de medição, na formação de engenheiros**. XXXIII Congresso Brasileiro do Ensino de Engenharia – COBENGE. Paraíba. 2005.

FERNANDEZ, Wilson D. et al. **Metrologia e qualidade – sua importância como fatores de competitividade nos processos produtivos**. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão. Salvador, BA, Brasil, 2009.

INMETRO. Portaria n.º 232, de 08 de maio de 2012: **Vocabulário Internacional de Metrologia – Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012)**. Disponível em: <. Acesso em 06 abr. 2020.

LEITE, W. S. S. **Sociedade moderna e tecnologias na educação: Reflexões e perspectivas sobre a realidade no Brasil**. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 15, n. 24, p. 105-212, jul./dez. 2014.

LIBÂNEO, J. C. **Adeus professor, adeus professora?: Novas exigências educacionais e profissão docente**. 7. ed. São Paulo: Cortez, 2003.

MORAN, J. **Mudando a educação com metodologias ativas**. Coleção Mídias Contemporâneas, v. II, 2015.

## 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

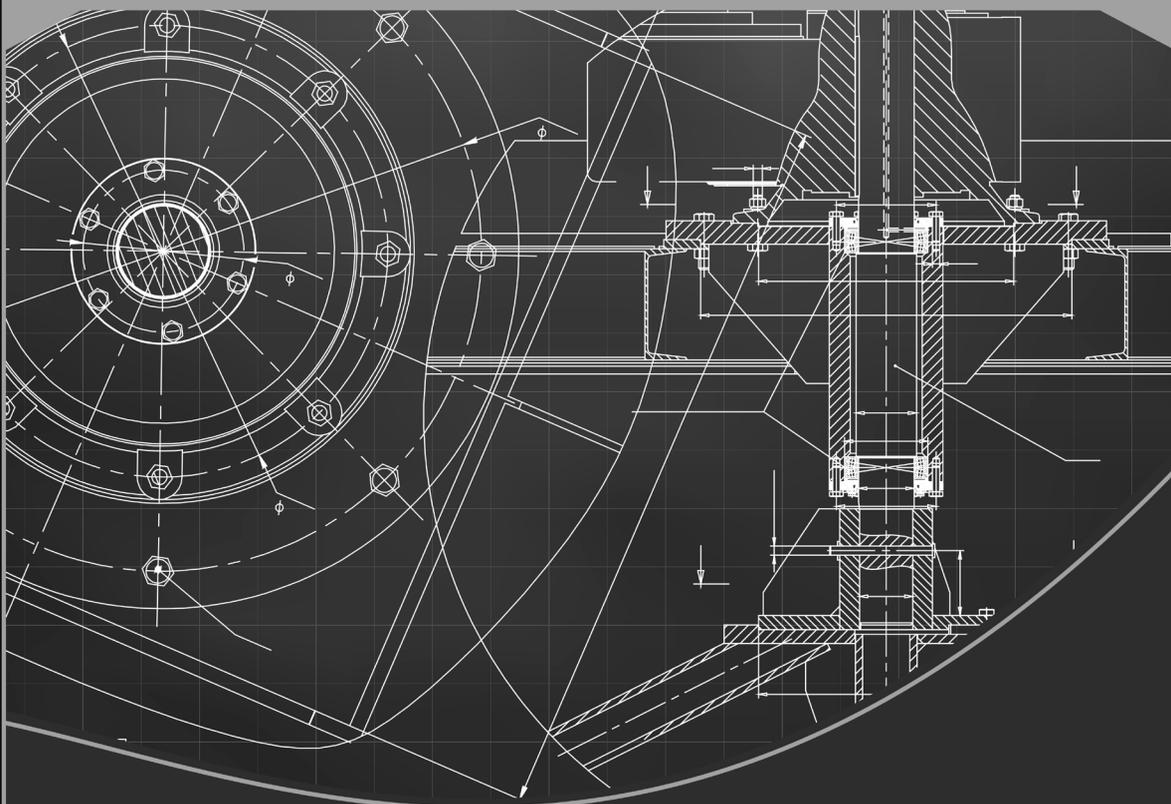
# 2

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

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

📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/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

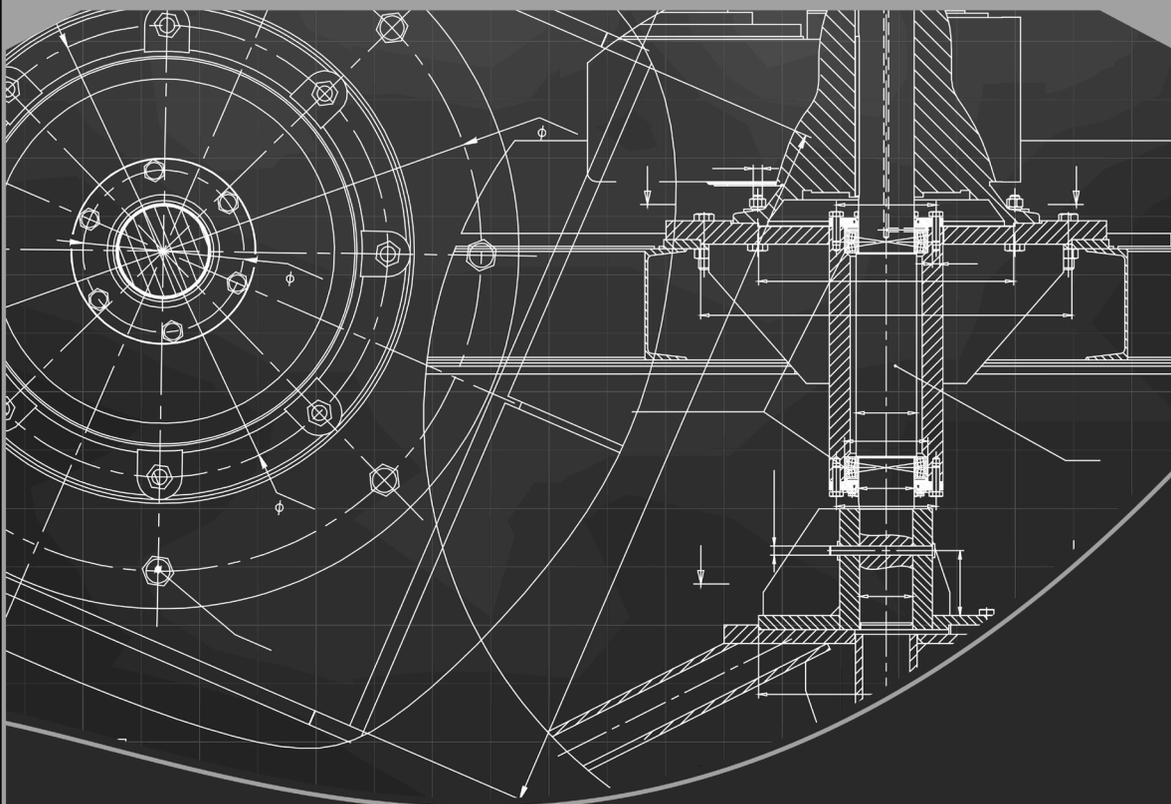
# 2

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

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

📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

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



**Atena**  
Editora

Ano 2021