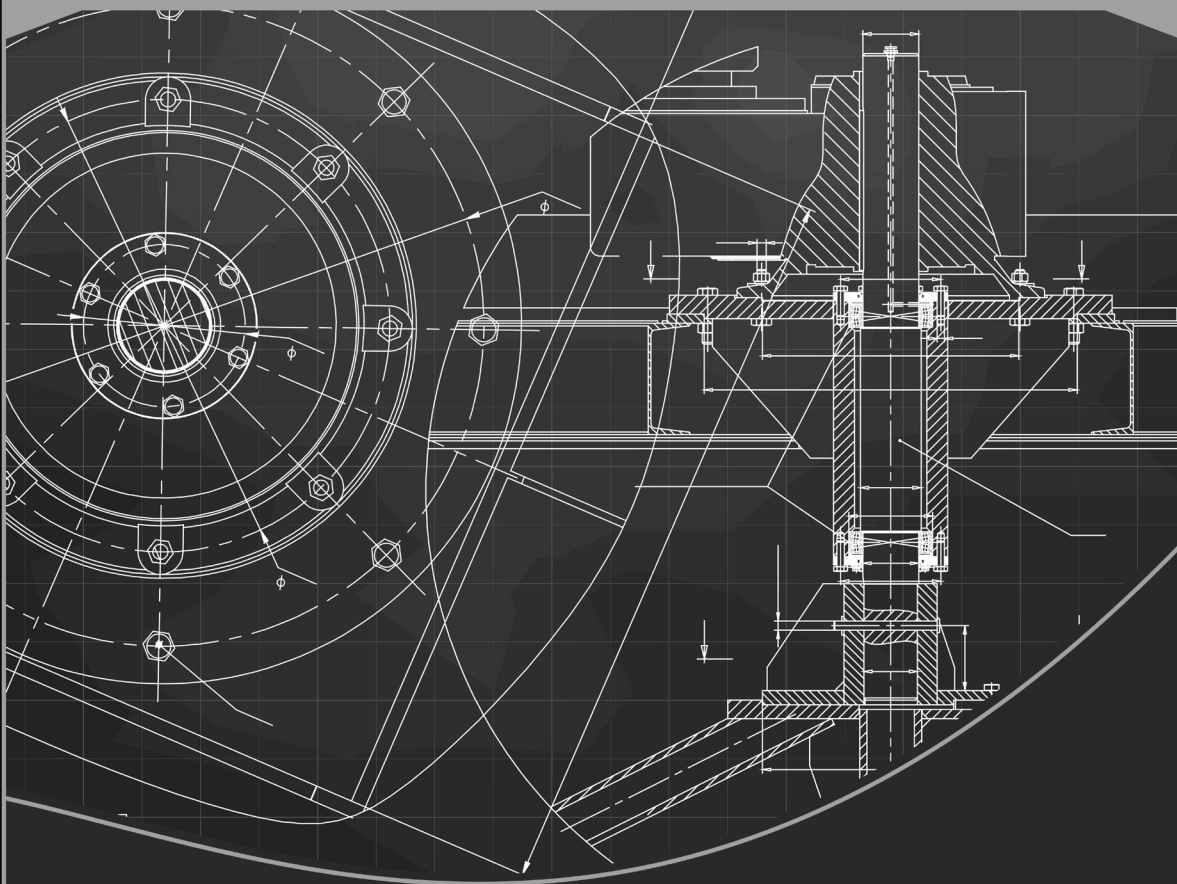


# Engenharia mecânica:

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

2

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
(Organizadores)



**Atena**  
Editora

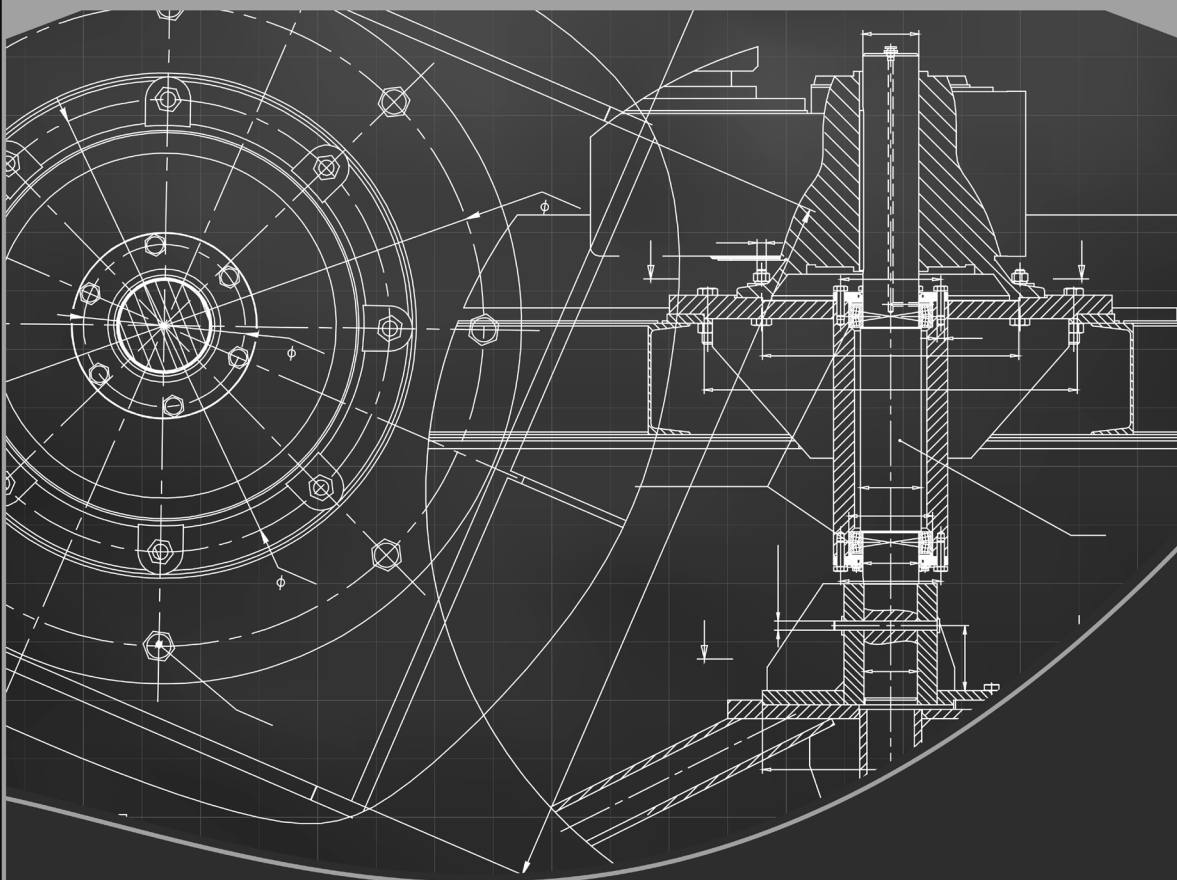
Ano 2021

# 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 Olimpico 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 Olimpico 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>



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

*Data de aceite: 01/06/2021*

*Data da submissão: 24/02/2021*

### **Igor Moreno Mamedes**

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em  
Eficiência Energética e Sustentabilidade  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Campo Grande – MS  
<http://lattes.cnpq.br/6087237238263094>

### **Andrea Teresa Riccio Barbosa**

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em  
Eficiência Energética e Sustentabilidade  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Campo Grande – MS  
<http://lattes.cnpq.br/4025767578391844>

**RESUMO:** Com o progresso tecnológico dos últimos anos, foi possível perceber a evolução da automação em todas as áreas da sociedade, predominantemente associada com o aumento da produtividade, enquanto medidas relacionadas a eficiência energética assumiam papel coadjuvante. Esse trabalho propõe uma análise sistemática de estudos publicados no Brasil que obtiveram resultados relacionados a eficiência energética com o uso de automação. O banco de dados do Portal de Periódicos Capes e o software livre Harzing's Publish or Perish foram utilizados como fonte e método de identificação, seleção e análise sistemática. Programas de incentivo a eficiência energética do governo indicam escassez do uso de automação para esse fim, o que pode ser verificado nos

resultados dessa pesquisa, porém, foi possível verificar pelas evidências encontradas que os investimentos na área são viáveis. Redução no consumo de energia elétrica foi observado no setor industrial, em sistemas de bombeamento e hidráulica em geral, setores de agricultura e metalúrgico. Também foi verificada redução dos custos com o uso de automação em residências e ambientes de escritório, somada a tecnologias inovadoras como Internet das Coisas, que se popularizaram e se baratearam, permitindo a implantação de minicomputadores associados com sensores para controle automático dos sistemas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência energética, automação e controle em edificações, automação industrial.

### A SYSTEMATIC REVIEW OF AUTOMATION FOR ENERGY EFFICIENCY IN BRAZIL

**ABSTRACT:** With the technological progress perceived over the years, it was possible to see the evolution of automation in all areas of society, predominantly associated with increased productivity, while measures related to energy efficiency assumed a supporting role. This work proposes a systematic analysis of studies carried out in Brazil that obtained results related to energy efficiency with the use of automation. The database of the CAPES Periodic Portal and the software Harzing's Publish or Perish were used as a source and method of identification, selection and systematic analysis. Energy efficiency programs point to the scarcity of the

use of automation for this purpose, which can be seen in the results obtained in the research, however, it was possible to verify through the evidence found that investments in the area are viable. Energy savings was observed in the industrial sectors, such as pumping and hydraulic systems in general, the agricultural sector and the metallurgical sector. It was also verified the reduction of expenses with the use of home automation and office environments, making use of innovative technologies such as IoT, which became popular and suffered cheapness, allowing the implantation of minicomputers associated with sensors for automatic control of the systems.

**KEYWORDS:** Energy efficiency, building automation and control, industrial automation.

## 1 | INTRODUÇÃO

Desde a Revolução Industrial, a energia se tornou um dos principais insumos nas atividades econômicas dos países. O consumo energético hoje é 200 vezes maior do que era há 500 anos. O suprimento dessa necessidade energética implicou a utilização em grande escala de combustíveis fósseis, que ainda hoje dominam a matriz energética mundial e são a principal fonte de emissão de gases poluentes (MOREIRA, 2019).

O Brasil expressou um aumento significativo de energias renováveis em sua matriz no ano de 2018. A repartição da Oferta Interna de Energia (OIE) contou com uma parcela de 45,3% de renováveis, em comparação com a parcela do ano anterior, que correspondeu a 43%. Essa diferença pode ser explicada pelo incremento da geração hidráulica e eólica, aumento da oferta de lixo e biodiesel, redução da oferta de petróleo e derivados e a redução da oferta de gás natural (BRASIL, 2019a).

A geração de energia elétrica atingiu 601,4TWh, resultado 2% superior ao ano de 2017, contando com um crescimento de 4,9% na geração hídrica, que é a principal fonte de produção de energia elétrica no Brasil. Isto contribuiu para que a participação de renováveis na matriz elétrica fosse de 83,3%. Já o consumo final foi de 535,4TWh, o que implicou o aumento de 1,4%. Os setores que apresentaram maior consumo foram o industrial, com 37,5%, e o residencial, com 25,4%. A verificação de tal panorama energético pode significar a possibilidade de implantação de medidas de eficiência energética no Brasil (BRASIL, 2019b).

Eficiência energética é o conjunto de uma série de medidas de naturezas diversas que são tomadas para a redução no consumo de energia no atendimento às demandas da sociedade por serviços e processos, como modificações ou aperfeiçoamentos tecnológicos ao longo da cadeia ou melhor organização, conservação e gestão energética (PATTERSON, 1996).

No Brasil, uma das primeiras políticas públicas voltadas para a eficiência energética se deu com a criação do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), em 1985, que desempenhava atividades como distribuição de manuais e panfletos com orientações para diversos setores. Foi somente cinco anos mais tarde que o programa

realizou ações de maior impacto, como projetos de demonstração, treinamentos e formação técnica para profissionais da área (ALTOÉ *et al.* 2017).

Em 2011, o Ministério de Minas e Energia aprovou, através da portaria 594, o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), que estabelece metas e diretrizes para economia de energia no contexto do planejamento energético nacional, publicado no mesmo ano. O PNEf foi criado no âmbito do PNE 2030, e propõe o fortalecimento do PROCEL, bem como o trabalho conjunto. Nele, também é possível verificar a participação incipiente de propostas de automação como medida estratégica na promoção da eficiência energética (BRASIL, 2011).

Automação é um termo que foi cunhado na época do fordismo, nos anos 40, por um engenheiro que descrevia vários sistemas em que ações e processos eram desenvolvidos de forma automática, sem a intervenção humana. O advento tecnológico, com computadores e dispositivos de *hardware*, possibilitou o barateamento da automação, impulsionando a produtividade. Foi possível fazer a substituição de tarefas perigosas ou pesadas por mecanização, além do aumento na frequência e rapidez de produção com mão de obra mais barata, melhor controle de qualidade através de inspeções, entre outros (LAMB, 2015).

Embora haja divergência na literatura, muitos autores acreditam que vivemos atualmente a Quarta Revolução Industrial. Ela nos traz tecnologias como a *Internet of Things* (IoT), paradigma de comunicação sem fios que possibilita a conexão de objetos do dia a dia à Internet, de modo que possam colaborar entre si com o objetivo de executar determinadas funções (LIAO *et al.*, 2018).

Amplamente difundidas atualmente estão as plataformas digitais, que consistem em ambientes digitais capazes de oferecer serviços de baixo custo, sendo a principal delas a própria Internet, possibilitando a economia sob demanda. Essas tecnologias associadas a Quarta Revolução Industrial tendem impulsionar a produtividade das empresas, aumentando a escala das mudanças nas mesmas. Isso pode ser exemplificado na média da expectativa de vida delas, que tem aumentado (DA SILVA *et al.*, 2018).

A percepção do cenário descrito levou ao desenvolvimento desse trabalho, que tem por objetivo fazer uma revisão sistemática dos estudos no Brasil que conseguiram obter, por meio do uso da automação, resultados conclusivos no tocante à eficiência energética.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Com o intuito de produzir uma revisão crítica e abrangente da literatura foi realizada uma investigação científica em que estudos relevantes sobre a questão formulada foram reunidos. Para isso, utilizou-se o banco de dados do Portal de Periódicos Capes e o *software* livre *Harzing's Publish or Perish* versão 7.19.2739.7407, como fonte e método de identificação, seleção e análise sistemática.

Para o levantamento e análise dos estudos foram realizadas quatro etapas. A primeira, realizada no mês de abril de 2020, consistiu na busca dos termos “eficiência energética” e “automação” em qualquer um dos campos, sem utilizar filtros que delimitassem o ano da publicação. Nesta etapa foram encontrados 240 resultados. Na segunda etapa foram excluídas as teses, as dissertações, os capítulos de livros, os artigos internacionais e as duplicidades, resultando em 63 artigos publicados em revistas e anais de congressos. Em seguida foi realizada a leitura dos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos. O critério de elegibilidade foi de selecionar as pesquisas que apresentaram comprometimento com a eficiência energética fazendo uso de alguma forma de automação na metodologia. Esta etapa resultou em 14 artigos. A quarta e última etapa seguiu com a leitura completa de todos os trabalhos.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção científica relacionada ao tema é majoritariamente recente e incipiente. A aplicação dos critérios obteve um resultado de 14 publicações, sendo todas no formato de artigo de periódicos e anais de congressos e estão descritas na Tabela 1.

Título	Autores	Ano	Objetivos
<b>Melhoria da eficiência energética de refrigeradores domésticos.</b>	VENDRUSCULO e POMILIO.	2008	Apresentar resultados experimentais da eficiência energética de um refrigerador de uma porta, popular, pertencente à classe 1 estrela, utilizando um controlador de temperatura com lógica <i>Fuzzy</i> .
<b>Controle automático de registros de descarga com acionamento pneumático em unidades de armazenagem agrícola.</b>	ANDRIGHETTO; VALDIERO e SOUZA.	2008	Testar e avaliar o desempenho de um sistema de posicionamento pneumático no controle automático da abertura da gaveta de registros de descarga, contribuindo com o desenvolvimento de uma solução inovadora para a automação de instalações armazenadoras agrícolas.
<b>Automação de sistema hidráulico em edificações verticalizadas e seus reflexos na eficiência energética da instalação.</b>	DA CRUZ FILHO e QUALHARINI.	2009	Mostrar que utilizando a automação é possível eliminar o reservatório superior de acumulação de água em edifícios, minimizando o consumo de energia.
<b>Eficiência energética no controle e automação de processos industriais utilizando redes neurais artificiais.</b>	AQUINO <i>et al.</i>	2009	Aumentar a eficiência energética de sistemas industriais através do desenvolvimento e a implementação de um sistema de controle baseado em inteligência artificial.
<b>Eficiência energética em sistemas de ventilação axial utilizando redes neurais artificiais.</b>	MOREIRA <i>et al.</i>	2009	Quantificar a redução da potência ativa requerida pelo elemento acionador de um ventilador axial que opta pela operação segundo o método de redução de vazão utilizando redes neurais artificiais.

<b>Investigação de variável adequada ao controle automático de vazão sem uso de sensores em campos irrigados por meio de análise multivariada</b>	CANAFISTULA, <i>et al.</i>	2010	Investigar uma variável adequada ao pseudo controle da vazão de um sistema de irrigação que economize o uso de sensores e simplifique o sistema de controle através de análise multivariada.
<b>Uso de controlador PID como tecnologia eficiente em sistema de aquecimento de creche suína.</b>	BARROS, ROSSI e SARTOR.	2015	Avaliar a eficiência de duas tecnologias de controle de temperatura em sistema de aquecimento resistivo em creche suína, no uso de energia elétrica e no ganho de peso dos leitões.
<b>Projeto de eficiência do forno <i>Stein</i> com automação.</b>	QUINTAO e PRUDENTE.	2016	Atender as necessidades de uma empresa em relação às metas de economia de energia e adequação ao mercado atual e para isso foi estudada uma maneira de gerar economia de gás com o desligamento de pilotos de ignição e também eliminar atrasos mecânicos no processo de acendimento, purga e estanqueidade do forno de reaquecimento <i>Stein</i> , através do uso de recursos da automação.
<b>Eficiência energética: projeto e desenvolvimento de um novo produto o autômata.</b>	ANTONIO e BORGES.	2018	Avaliar como a aplicação de um produto inovador pode influenciar na redução do consumo de energia do aparelho de ar condicionado de uma residência localizada no município de Palmas - Tocantins.
<b>Automação residencial e eficiência energética: um estudo de caso.</b>	DE SOUZA <i>et al.</i>	2019	Mostrar a viabilidade de implantação de projetos de automação para pessoas de classe baixa.
<b>Projeto de Controle <i>Fuzzy</i> para Aprimorar a Eficiência Energética de Secadores Rotativos.</b>	PEREIRA JUNIOR, BITARAES e EUZEBIO.	2019	Reduzir o consumo de energia pela queima de biomassa em uma planta de secagem rotativa de fertilizantes através de controlador <i>Fuzzy</i> .
<b>Um Sistema de Gerenciamento e Automação de Climatização para Eficiência Energética.</b>	ROCHA <i>et al.</i>	2019	Otimizar o uso de aparelhos de ar condicionado com vistas à eficiência energética.
<b>Controle Inteligente da Pressão Hidráulica com ênfase na Eficiência Energética.</b>	DINIZ <i>et al.</i>	2019	Desenvolver uma metodologia para otimização dos setores de distribuição de água, permitindo o aumento da eficiência energética e melhorias da pressurização dos sistemas de abastecimento de água.
<b>Prototipação de uma solução para promover eficiência energética em ambientes inteligentes utilizando <i>IoT</i>.</b>	GOMES, PEREIRA e RAMOS.	2020	Desenvolver um protótipo de solução para controle energético, estabelecendo um modelo adaptativo para o recolhimento de dados sobre o consumo energético de uma residência.

Tabela 1 - Compilado dos estudos realizados no Brasil sobre eficiência energética utilizando automação, em ordem cronológica.

Fonte: elaboração própria.

As primeiras publicações encontradas são de 2008, seguidas por um aumento no ano de 2015, conforme pode ser observado na Figura 1.

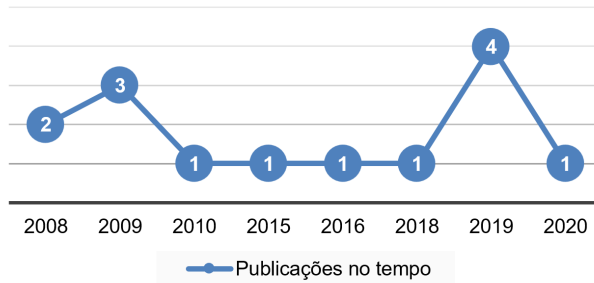


Figura 1. Quantidade de publicações por ano.

Das 14 publicações selecionadas, 64% são trabalhos relacionados a processos industriais (ANDRIGHETTO, VALDIERO e SOUZA, 2008); (DA CRUZ FILHO e QUALHARINI, 2009); (AQUINO *et al.*, 2009); (MOREIRA *et al.*, 2009); (CANAFISTULA, *et al.*, 2010); (BARROS, ROSSI e SARTOR, 2015); (QUINTAO e PRUDENTE, 2016); (PEREIRA JUNIOR, BITARAES e EUZEBIO, 2019); (DINIZ *et al.*, 2019), no qual, 21% correspondem a aplicações práticas e 43% foram verificadas em laboratórios ou ambientes de teste controlado de empresas. O restante da produção científica, 36%, traz estudos de eficiência energética em ambientes residenciais e escritórios (VENDRUSCULO e POMILIO, 2008); (ANTONIO e BORGES, 2018); (DE SOUSA *et al.*, 2019); (ROCHA *et al.*, 2019); (GOMES, PEREIRA, RAMOS, 2010), com prevalência em automação de sistemas de climatização. Esses percentuais podem ser observados na Figura 2.

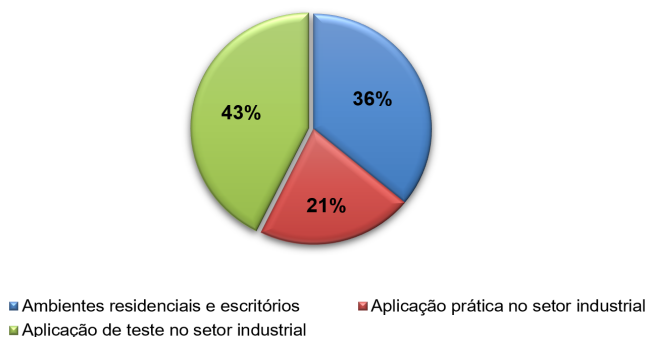


Figura 2. Percentual de publicações encontradas por setor.

Dentre os casos apresentados que estão relacionados a atividades industriais, observou-se que houve uma predominância de estudos de eficiência energética em sistemas de bombeamento e hidráulica em geral (DA CRUZ FILHO e QUALHARINI, 2009); (AQUINO *et al.*, 2009); (CANAFISTULA, *et al.*, 2010); (DINIZ *et al.*, 2019).

Alguns municípios apresentam perdas importantes nos sistemas de distribuição de água, representando problemas tanto do ponto de vista hidro energético quanto do ecológico. Em sua maioria, essas perdas são oriundas de vazamentos de água por excesso de pressão nos ductos que compõe o sistema. Dessa forma, são propostas válvulas redutoras de pressão ao longo da rede de distribuição de água. Porém, este dispositivo provoca perdas de carga no sistema de bombeamento, pois os motores elétricos estarão sempre trabalhando com velocidade nominal e, portanto, será usada a máxima potência elétrica (DINIZ *et al.*, 2019).

A eficiência energética dos conjuntos moto bombas é de suma importância nos sistemas de abastecimento de água, visto que isso representa quase a totalidade dos gastos com eletricidade das concessionárias de água. Como proposta de medida de eficiência energética, podem ser utilizados inversores de frequência para controle de velocidade de rotação dos conjuntos moto bombas unido as técnicas de controle em malha fechada. Porém, pelo fato de os sistemas de abastecimento de água apresentarem características não lineares e variantes no tempo, os métodos de controles clássicos não apresentam bons resultados dinâmicos (DINIZ *et al.*, 2019).

Para sanar tal dificuldade, Diniz *et al.* (2019), foi utilizado um controlador baseado em lógica *Fuzzy* para controle da pressão hidráulica objetivando a redução no consumo de energia elétrica. Dessa forma, foi possível alcançar uma economia máxima de até 40%. Além da diminuição de perdas por vazamento, em razão do uso do controlador, manteve-se uma pressão hidráulica constante ao longo do sistema de abastecimento.

Outro estudo de eficiência energética relacionado a sistemas hidráulicos que obteve resultados significativos de redução de consumo de energia elétrica em conjunto moto bomba foi realizado na Universidade Federal de Pernambuco (AQUINO *et al.* 2009).

O laboratório de hidráulica em que foram realizados os experimentos apresenta um sistema de bombeamento inteiramente comandado eletronicamente por um sistema supervisor, que permite o controle tanto *in loco* quanto remotamente. Esse sistema instrui o inversor de frequência com uma curva que relaciona tempos de acionamentos, que são aplicados ao conjunto moto bomba para realizar o bombeamento. Para isso, é feita a entrada de dados no sistema supervisor através de scripts, que podem conter desde informações simples até algoritmos complexos. Assim, os autores desenvolveram um sistema de automação baseado no modelo computacional de Redes Neurais Artificiais (RNA), que foi capaz de parametrizar o inversor de frequência com base apenas no dado de volume desejado reduzindo o consumo de energia elétrica em todo o sistema de até 26% (AQUINO *et al.* 2009).

O uso da automação para obtenção de resultados relacionados a eficiência energética pode ser percebido nos mais diversos setores, como o agroindustrial. No setor de grãos, ao se fazer a abertura da gaveta de um registro de descarga, observa-se o despejamento de um fluxo de grãos em uma esteira motorizada. Esse fluxo é função direta da abertura da gaveta, e causa impacto energético no sistema de motorização da esteira, visto que um grande fluxo de carga pode fazer com que os motores trabalhem acima de sua capacidade nominal. Isso pode implicar não só em um elevado consumo de energia elétrica, como também na redução da vida útil dos motores devido ao superaquecimento, visto que a sobrecarga acarreta a circulação de corrente elétrica acima da nominal do motor (ANDRIGHETTO, VALDIERO e SOUZA, 2008).

Diante de tal cenário, Andrighetto, Valdiero e Souza (2008), realizaram um estudo de automação com acionamento pneumático no controle de abertura da gaveta de um registro de descarga no Departamento de Tecnologia da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. O experimento demonstrou a implantação de um sistema que realiza o controle automático da abertura do registro em função da corrente exigida pelo motor elétrico da correia transportadora, medida por meio de sensores como os transformadores de corrente.

Quando houvesse um fluxo excessivo, era detectada uma corrente no motor maior do que a nominal e o sistema fazia o registro de descarga ter sua abertura reduzida, causando uma diminuição do fluxo de grãos e conseqüente normalização da corrente, por meio da eliminação da sobrecarga. Os resultados obtidos permitiram a conclusão de que o uso de acionamentos pneumáticos com controladores ON-OFF é uma solução viável e de baixo custo para a automação dos registros de descarga nas instalações agroindustriais (ANDRIGHETTO, VALDIERO E SOUZA, 2008).

Nos estudos analisados nesta revisão a automação em ambientes residenciais e de escritório foram impulsionados pela popularização dos computadores pessoais de baixo custo, que permitem uma gama de ações nesse sentido. O barateamento das tecnologias de *Internet of Things* (IoT) associada à constante busca da humanidade por conforto e comodidade incentivou a pesquisa e desenvolvimento de automação residencial, que por sua vez implicou uma melhoria na eficiência energética nesses locais (DE SOUSA *et al.* 2019; ROCHA *et al.* 2019; GOMES, PEREIRA e RAMOS, 2010).

Ações como controle remoto de equipamentos e iluminação através de smartphones, facilidade de acompanhamento de consumo de energia elétrica com uso de softwares e controle automático de circuitos através de sensores diversos possibilitaram o uso mais eficiente da eletricidade. A realização de um estudo de caso de um *smart place* na Universidade de Vassouras – RJ é um exemplo do cenário descrito (GOMES, PEREIRA e RAMOS, 2010).

O fato de uma parcela significativa do orçamento de uma residência ser destinado ao pagamento do consumo de energia elétrica motivou este experimento. Para tal,



foi desenvolvida uma aplicação supervisória do consumo energético de diferentes componentes no ambiente estudado. O uso de ferramentas *open source* e gratuitas e o apoio existente nessas comunidades facilitou a implantação do sistema. A solução foi baseada na utilização do computador de baixo custo do tipo *Raspberry Pi* associado a linguagem de programação *Python*. Com o auxílio de sensores de corrente, foi feita a detecção de utilização de circuitos de tomadas e iluminação e a criação de um banco de dados. O controle de cada elemento pode ser feito com chaves controladoras, quando alguma medida fosse atendida de acordo com o parâmetro estabelecido. O procedimento percebeu viabilidade como medida de eficiência energética, aliada ao baixo custo de hardware e uso de softwares gratuitos (GOMES, PEREIRA e RAMOS, 2010).

## 4 | CONCLUSÕES

Através deste estudo foram identificadas poucas publicações relacionadas ao uso de automação como medida para obtenção de eficiência energética no Brasil. Sendo notável a preferência ao aumento de produtividade quando se busca realizar automação dos processos. Apesar da incipiência de estudos, são observados resultados significativos quanto à redução de consumo de energia elétrica e outros insumos.

No setor industrial, a predominância de estudos relacionados a sistemas de bombeamentos e distribuição de água pode ser explicado pelo alto consumo de energia elétrica nos conjuntos moto bomba. O uso da automação associada aos inversores de frequência para controle da velocidade de rotação desses conjuntos se apresenta como medida eficaz quando se objetiva a eficiência energética. O uso da automação em ambientes residenciais e de escritórios em geral apresentou uma predominância no controle dos sistemas de climatização, por esses representarem maior parcela no consumo de energia elétrica nesses locais.

Nesse contexto, recomenda-se a realização de outros estudos nessa temática com o propósito de derivar novos conhecimentos nessa área e elucidar as vantagens da automação para eficiência energética no cenário nacional.

## REFERÊNCIAS

- ALTOÉ, Leandra *et al.* **Políticas públicas de incentivo à eficiência energética.** Estudos Avançados, v. 31, n. 89, p. 285-297, 2017.
- ANDRIGHETTO, P. L.; VALDIERO, A. C.; DE SOUZA, M. **Controle automático de registros de descarga com acionamento pneumático em unidades de armazenagem agrícola.** Cienc. Rural, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2626-2629, Dez. 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008005000017>.
- ANTONIO, B.; BORGES, M. T. **Eficiência energética: projeto e desenvolvimento de um novo produto o autômata.** XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Maceió, Alagoas. Out. 2018. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STP\\_262\\_507\\_35155.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_262_507_35155.pdf).

AQUINO, R. R. B.; LINS, Z. D.; ROSAS, P. A. C.; CORDEIRO, L. F. A.; RIBEIRO, J. R. C.; AMORIM, P. S.; TAVARES, I. A. **Eficiência Energética no Controle e Automação de Processos Industriais Utilizando Redes Neurais Artificiais**. Revista Eletrônica de Potência, v. 14, n. 2, 2009. <http://dx.doi.org/10.18618/REP.2009.2.117124>.

BARROS, J. S. G.; ROSSI, L. A.; SARTOR, K. **Uso de controlador PID como tecnologia eficiente em sistema de aquecimento de creche suína**. Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande, v. 19, n. 5, p. 476-480. Maio, 2015. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p476-480>.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional: Relatório síntese, ano base 2018**. Rio de Janeiro, 2019a.

BRASIL. Ministério de Minas Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. **Plano Nacional de Eficiência Energética: Premissas e Diretrizes Básicas**. Brasília, 2011.

BRASIL. MISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético Departamento de Informações e Estudos Energéticos. **Resenha energética brasileira**, exercício de 2018. EDIÇÃO DE MAIO DE 2019. Brasília: MME, 2019b.

CANAFÍSTULA, F. J. F.; LOPES, F. B.; SOARES, R. B.; ANDRADE, E. M.; TEIXEIRA, A. DOS S. **Investigação de variável adequada ao controle automático de vazão sem uso de sensores em campos irrigados por meio de análise multivariada**. Ciência Rural, 40(11), 2317- 2323. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010001100011>.

DA CRUZ FILHO, O. R.; QUALHARINI, E. L. **Automação de sistema hidráulico em edificações verticalizadas e seus reflexos na eficiência energética da instalação**. Exacta, v. 7, n. 2, p. 241-249, 2009. DOI: 10.5585/exacta v7i2.1446.

DA SILVA, E. B.; SCOTON, M. L. R. P. D.; PEREIRA, S. L.; DIAS, E. M.; PASSOS, P. L.; DE BARROS, O. **Automação & Sociedade: Quarta Revolução Industrial, um olhar para o Brasil**. São Paulo, Brasport, 2018.

DE SOUSA, A. R. M.; DOS SANTOS, P. R.; FONSECA, W. S.; MANITO, A. R. A.; ARAÚJO, R. C. F.; LOBATO, E. P. DE S. **Automação residencial e eficiência energética: um estudo de caso/Residential automation and energy efficiency: a case study**. Brazilian Journal of Development, v. 5, n. 8, p. 13086-13101, 2019. DOI:10.34117/bjdv5n8-124.

DINIZ, M. L.; FLORES, T. K. S.; VILLANUEVA, J. M. GOMES, H. P.; DE ANDRADE, P. H. M. **Controle Inteligente da Pressão Hidráulica com Ênfase na Eficiência Energética**. 14º Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente. Ouro Preto, MG. Out. 2019. DOI: 10.17648/sbai-2019-111348.

GOMES, F. S.; PEREIRA, A. F.; RAMOS, P. V. B. **Prototipação de uma solução para promover eficiência energética em ambientes inteligentes utilizando IoT/Prototyping a solution to promote energy efficiency in smart environments using IoT**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 3, p. 11926-11934, 2020. DOI:10.34117/bjdv6n3-160.

LAMB, F. **Automação Industrial na Prática**. Porto Alegre: AMGH, 2015.

LIAO, Yongxin *et al.* **The impact of the fourth industrial revolution: a cross-country/region comparison**. Production, v. 28, 2018.

MOREIRA, A. B.; TEIXEIRA, V. S. C.; BRAGA, A. P. S., PONTES, R. S.T. **Eficiência energética em sistemas de ventilação axial utilizando redes neurais artificiais**. Anais do IX Congresso Brasileiro de Redes Neurais / Inteligência Computacional (IX CBRN). Ouro Preto, MG. Dez. 2009. DOI: 10.21528/CBRN2009-194.

MOREIRA, J. R. S. (org.). **Energias renováveis, geração distribuída e eficiência energética**. 1 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

PATTERSON, Murray G. **What is energy efficiency?** Concepts, indicators and methodological issues. Energy policy, v. 24, n. 5, p. 377-390, 1996.

PEREIRA JÚNIOR, M.; BITARÃES, S. M.; EUZÉBIO, T. A. M. P. **Projeto de Controle Fuzzy para Aprimorar a Eficiência Energética de Secadores Rotativos**. 14º Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente. Ouro Preto, MG. Out. 2019. DOI: 10.17648/sbai-2019-111449.

QUINTÃO, W. A.; PRUDENTE, P. H. **Projeto de eficiência do forno stein com automação**. p. 435-442. 53nd Rolling Seminar, Rio de Janeiro, 2016. ISSN: 2594-5297, DOI 10.5151/1983-4764- 28007.

ROCHA, F.; SANTOS, L. F.; GAMELEIRA NETO, J.; FERNANDES, A.; BATISTA, T.; CAVALCANTE, E. **Um Sistema de Gerenciamento e Automação de Climatização para Eficiência Energética**. Anais do XLVI Seminário Integrado de Software e Hardware. SBC, 2019. p. 81-92. DOI: <https://doi.org/10.5753/semish.2019.6569>.

VENDRUSCULO, E. A.; POMILIO, J. A. **Melhoria da Eficiência Energética de Refrigeradores Domésticos**. Revista: Eletrônica de Potência, v. 13, n. 4, 2008. DOI: 10.18618/REP.2008.4.231239.

## 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

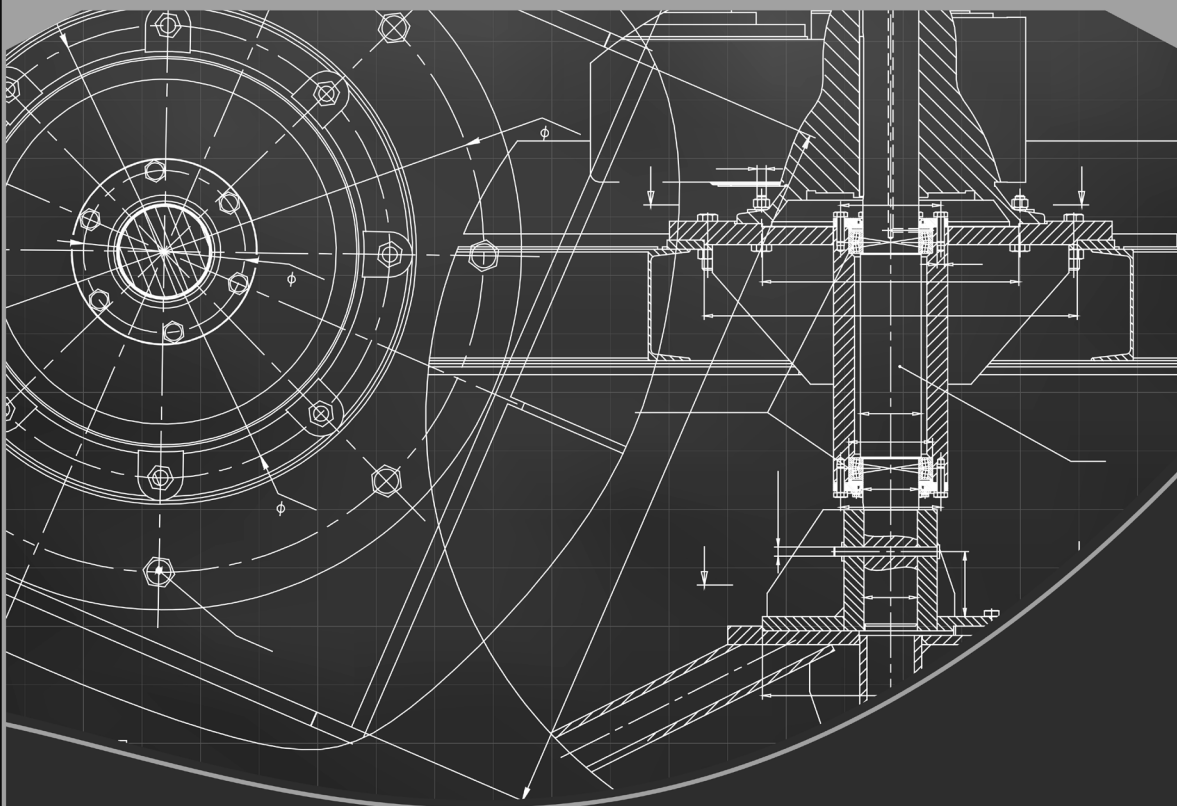
# 2

🌐 [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

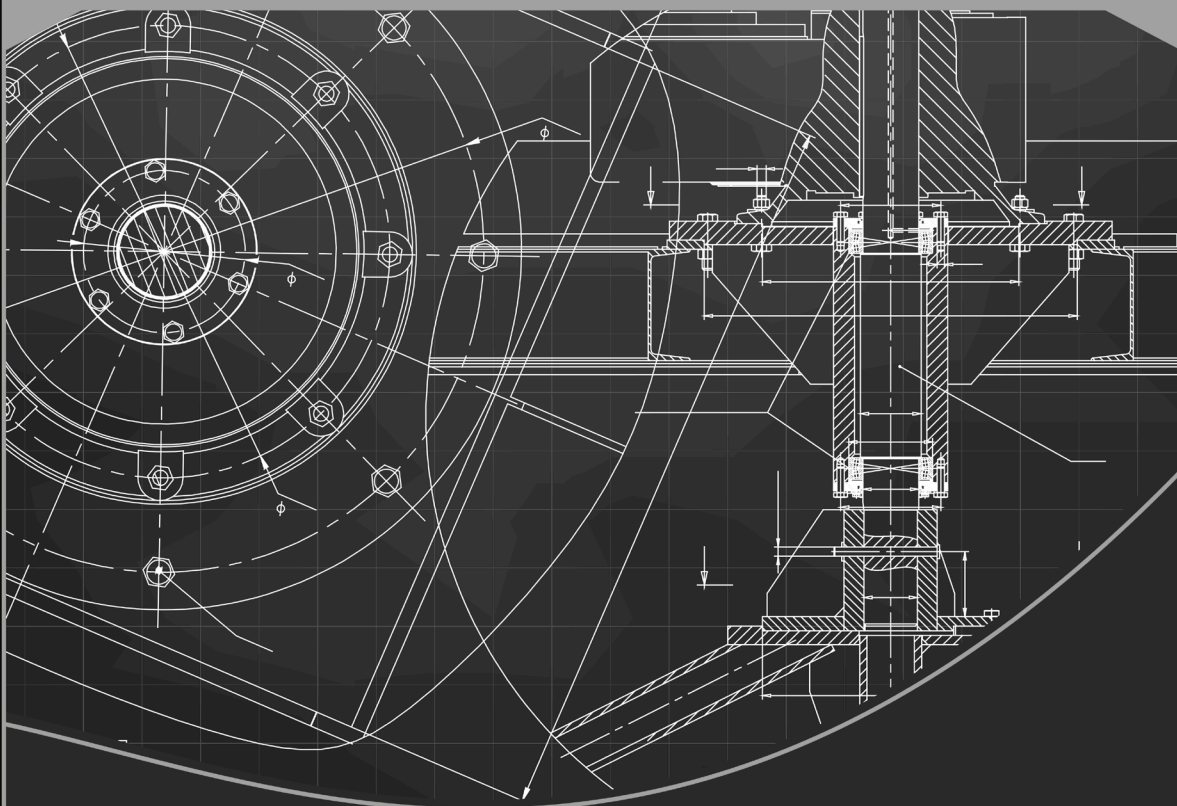
# 2

🌐 [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