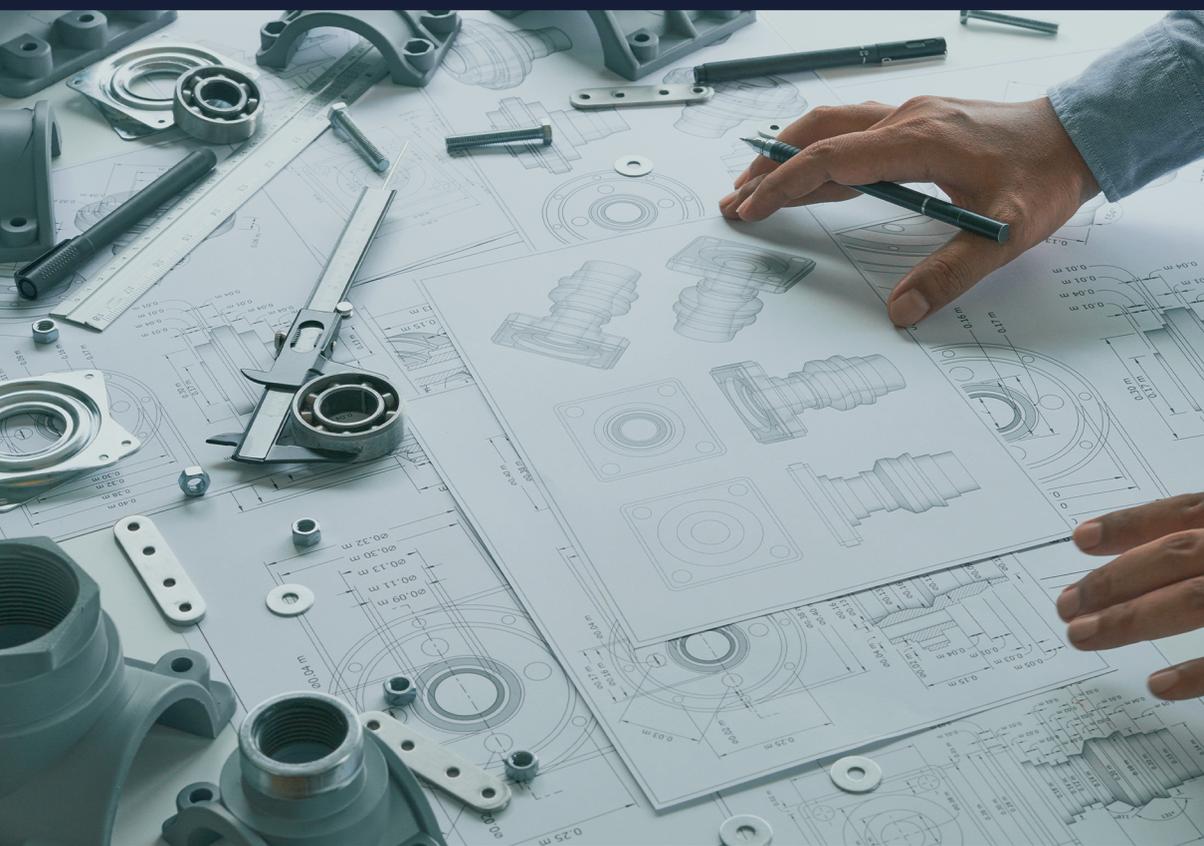


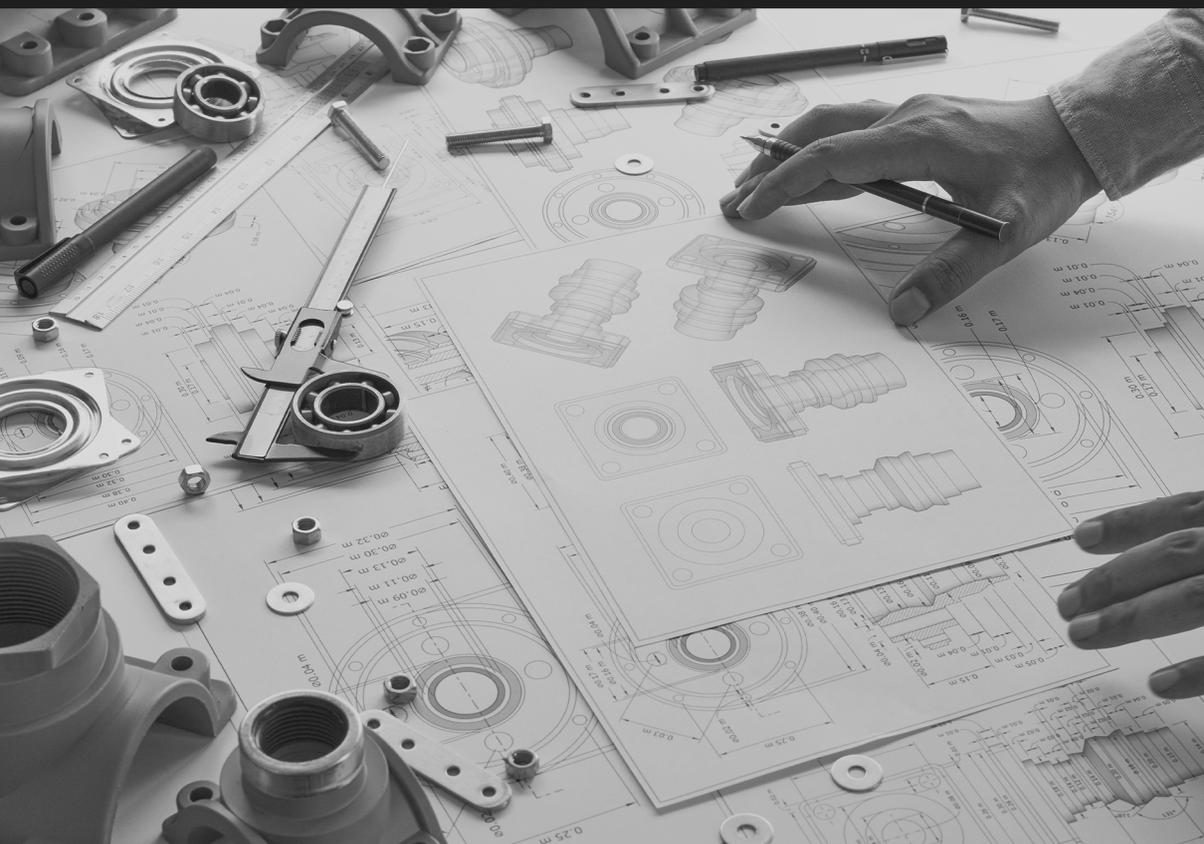
# ATIVIDADES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS NO CAMPO DA ENGENHARIA MECÂNICA



**HENRIQUE AJUZ HOLZMANN**  
**JOÃO DALLAMUTA**  
**(ORGANIZADORES)**

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

# ATIVIDADES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS NO CAMPO DA ENGENHARIA MECÂNICA



**HENRIQUE AJUZ HOLZMANN  
JOÃO DALLAMUTA  
(ORGANIZADORES)**

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

### **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

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

### **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  
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  
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. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
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. 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
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. 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  
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 Miranilde 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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza 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. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
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 Alborno – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia 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. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
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. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

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

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

## Atividades científicas e tecnológicas no campo da engenharia mecânica

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Luiza Alves Batista  
**Correção:** Emely Guarez  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A872 Atividades científicas e tecnológicas no campo da engenharia mecânica / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-486-3

DOI 10.22533/at.ed.863202610

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

## APRESENTAÇÃO

Em um cenário cada vez mais competitivo, desenvolver novas maneiras de melhoria nos processos industriais, bem como para o próprio dia a dia da população é uma das buscas constantes das áreas de engenharia.

Desta forma buscar evitar ou prever falhas em sistemas é de vital importância, destacando-se o desenvolvimento de novos materiais, bem como de métodos analíticos e práticos para detecção. Entre os materiais os compósitos veem ganhado cada vez mais espaço devido a sua versatilidade, aliando resistência e peso.

Já para detecção de falhas os métodos de análise de vibrações é quase que unanimidade quando se quer um pleno funcionamento dos equipamentos. O estudo das análises de vibrações em sistemas vem ganhando cada vez mais espaço nos projetos, pois a redução dessas na maioria dos casos acarreta em uma maior vida útil ou um melhor funcionamento dos conjuntos.

Neste livro são apresentados trabalhos relacionados a engenharia mecânica, dentro de uma vertente teórico/prática onde busca-se retratar assuntos atuais e de grande importância para estudante, docentes e profissionais.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ABORDAGEM DE DETECÇÃO DE AVARIAS EM SISTEMA DINÂMICO UTILIZANDO TÉCNICA DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

João Marcelo Abreu Bernardi

Edson Hideki Koroishi

**DOI 10.22533/at.ed.8632026101**

### **CAPÍTULO 2..... 12**

#### **UTILIZAÇÃO DE ATUADORES ELETROMAGNÉTICOS PARA O CONTROLE DE VIBRAÇÃO EM UMA VIGA DE MATERIAL COMPÓSITO**

Andrei Santos Oliveira

Camila Albertin Xavier da Silva

Edson Hideki Koroishi

Romeu Rony Cavalcante da Costa

Marco Túlio Santana Alves

**DOI 10.22533/at.ed.8632026102**

### **CAPÍTULO 3..... 21**

#### **CONTROLE ATIVO DE VIBRAÇÕES APLICADO A UMA VIGA FLEXÍVEL UTILIZANDO ATUADORES ELETROMAGNÉTICOS**

Matheus Rincon Modesto Maroni

Edson Hideki Koroishi

**DOI 10.22533/at.ed.8632026103**

### **CAPÍTULO 4..... 31**

#### **SUPRESSÃO DO FENÔMENO DE FLUTTER EM PAINÉIS COMPÓSITOS AERONÁUTICOS VIA TÉCNICA DE CONTROLE PASSIVO**

Lorrane Pereira Ribeiro

Antônio Marcos Gonçalves de Lima

**DOI 10.22533/at.ed.8632026104**

### **CAPÍTULO 5..... 42**

#### **FABRICAÇÃO DE UM MANIPULADOR ROBÓTICO BASEADO EM UM GUINDASTE**

Ana Carolina Dantas Rocha

Eduardo Victor Lima Barboza

José Leonardo Nery de Souza

Otávio Clarindo Lopes Filho

Adriano Marinheiro Pompeu

Dheiver Francisco Santos

**DOI 10.22533/at.ed.8632026105**

### **CAPÍTULO 6..... 56**

#### **GANHO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO POR ENRIJECEDOR EM CHAPA DOBRADA A FRIO**

João Paulo Marques de Aquino

João de Jesus dos Santos

Lais Amaral Alves

**DOI 10.22533/at.ed.8632026106**

**CAPÍTULO 7..... 70**

**PADRONIZAÇÃO DE MATERIAIS COMO MEIO DE ECONOMIA EM SUPRIMENTO DE BENS: UM ESTUDO DE CASO**

Patrícia Aparecida Casteluber Nascimento

Gabrielle Silva Ribeiro

Beatriz Marvila Borges

Letícia dos Santos Sciortino

**DOI 10.22533/at.ed.8632026107**

**CAPÍTULO 8..... 77**

**A GENERALIZED INTEGRAL TRANSFORMED TECHNIQUE: LITERATURE REVIEW AND COMPARATIVE RESULTS WITH FINITE VOLUME METHOD**

Hildson Rodrigues de Queiroz

Flavio Maldonado Bentes

Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega

Fabiano Battemarco da Silva Martins

**DOI 10.22533/at.ed.8632026108**

**CAPÍTULO 9..... 101**

**UTILIZAÇÃO DE WC NA MOAGEM DE ALTA ENERGIA DE CAVACOS DE AÇO ALTO CROMO**

Roberta Alves Gomes Matos

Bruna Horta Bastos Kuffner

Gilbert Silva

**DOI 10.22533/at.ed.8632026109**

**SOBRE OS ORGANIZADORES ..... 108**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 109**

## FABRICAÇÃO DE UM MANIPULADOR ROBÓTICO BASEADO EM UM GUINDASTE

*Data de aceite: 01/10/2020*

*Data de submissão: 02/09/2020*

### **Ana Carolina Dantas Rocha**

Centro Universitário Tiradentes – UNIT  
Maceió – AL  
<http://lattes.cnpq.br/4137796291693168>

### **Eduardo Victor Lima Barboza**

Centro Universitário Tiradentes – UNIT  
Maceió – AL  
<http://lattes.cnpq.br/5445899817559566>

### **José Leonardo Nery de Souza**

Centro Universitário Tiradentes – UNIT  
Maceió – AL  
<http://lattes.cnpq.br/0054352433552979>

### **Otávio Clarindo Lopes Filho**

Centro Universitário Tiradentes – UNIT  
Maceió – AL  
<http://lattes.cnpq.br/6257422413896502>

### **Adriano Marinheiro Pompeu**

Centro Universitário Tiradentes – UNIT  
Maceió – AL  
<http://lattes.cnpq.br/1514565770443198>

### **Dheiver Francisco Santos**

Universidade Federal de Alagoas – Instituto de  
Computação  
Maceió – AL  
<http://lattes.cnpq.br/3797115046847189>

**RESUMO:** Os conceitos de automação industrial têm se expandido na atualidade, devido à crescente demanda impulsionada pela indústria 4.0, tais conceitos estão diretamente relacionados a integração de conhecimentos teóricos e práticos, vivenciados nos campos acadêmicos e profissionais. A aplicação da robótica viabiliza desenvolvimento e ensaios de equipamentos em pequena escala, que contribuem com análises precisas, a fim de fomentar e viabilizar a construção de máquinas de grande escala, altamente tecnológicas e automatizadas. Com o intuito da aplicação dos conceitos de controle e automação, este trabalho objetivou projetar um manipulador robótico, baseado em um guindaste, visando a evolução do desenvolvimento de novas soluções para a área da automação industrial. Como metodologia, foi realizada uma pesquisa experimental, uma vez que foram realizados experimentos em laboratórios de automação para o desenvolvimento do projeto do manipulador. Os materiais utilizados objetivaram a utilização de estruturas metálicas, placas de MDF e manipuladores robóticos de baixo custo, juntamente com motores de passo que oferecem precisão maior aos ensaios. Os resultados obtidos consolidaram os conceitos de fabricação e desenvolvimento de manipulador robótico, que pode ser utilizado como parâmetro para construção de guindastes automatizados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Automação Industrial, Microcontroladores, Mecatrônica.

## MANUFACTURING OF A ROBOTIC MANIPULATOR BASED ON A CRANE

**ABSTRACT:** The concepts of industrial automation have been currently expanding due to the growing demand driven by industry 4.0. Such concepts are directly related to the integration of theoretical and practical knowledge, experienced in academic and professional fields. The application of robotics enables the development and testing of small-scale equipment, which contributes to accurate analysis, in order to encourage and enable the construction of large-scale, highly technological and automated machines. In order to apply the concepts of control and automation, this work aimed to design a robotic manipulator, based on a crane, seeking the evolution of the development of new solutions for the industrial automation area. As methodology, an experimental research was carried out, since the experiments were conducted in automation laboratories for the development of the manipulator project. The materials were focused on metallic structures, MDF plates and low cost robotic manipulators, along with stepper motors that offer greater precision to the tests. The results obtained consolidated the concepts of manufacturing and development of robotic manipulators, which can be used as a parameter for the construction of automated cranes.

**KEYWORDS:** Industrial Automation, Microcontrollers, Mechatronics.

### 1 | INTRODUÇÃO

Desde a origem da humanidade, o homem vem tentando progressivamente buscar alternativas para diminuir o trabalho braçal, objetivando a agilidade nos processos com o auxílio de ferramentas e equipamentos. A partir da revolução industrial, há uma crescente substituição da força humana por máquinas mais eficazes, que podem ser tanto teleoperadas por pessoas, ou até mesmo automáticas, que fazem todo o trabalho de forma autônoma. Sem dúvida tal busca pela diminuição de seu trabalho trouxe consigo o desenvolvimento da revolução tecnológica, tão necessária na atualidade.

As funções de elevação de grandes volumes de cargas, pressionou as empresas e indústrias a se atualizarem e desenvolverem máquinas e equipamentos que possibilitam elevar materiais e matérias primas com enorme peso. Aos poucos os processos mecânicos foram abrindo espaço para os processos eletrônicos e robóticos, que atualmente estão inseridos em máquinas industriais, como por exemplo guindastes pórticos de elevação.

Com isso, percebe-se o quão eficiente pode ser um manipulador robótico, quando aplicado em um guindaste, o que permite a elevação de objetos extremamente pesados. Esta, é uma alternativa para melhor desempenho e eficiência no deslocamento de cargas e, logicamente leva-se em consideração, a ampliação expansão da força humana, permitindo que se tenha mais horas de trabalho, que justificariam o gasto de energia e manutenções preventivas.

A razão pela qual os manipuladores robóticos são tão importantes para a indústria, além da melhoria da eficiência, é a quantidade de carga que este consegue suportar, assim como a habilidade de manusear materiais com geometria complexa. Desse modo, a indústria consegue aumentar exponencialmente a velocidade e qualidade de todas as

etapas envolvidas no desenvolvimento de determinado produto, desde a obtenção da matéria prima até a distribuição. Hoje, as empresas que utilizam mão de obra humana para determinado fim não conseguem competir diretamente com empresas do mesmo ramo que utilizam mão de obra automatizada.

Entretanto, o crescimento da fabricação de manipuladores robóticos móveis é bastante expressivo, o produto não para de crescer e desenvolve-se, visando a necessidade do ser humano por tecnologia. Logo, os manipuladores robóticos industriais são minoria, existe uma mínima variedade entre eles, segundo (COCOTA, et. al., 2013).

Dentro dessa lógica, é nítido que os manipuladores vão substituir grande parte dos trabalhos braçais, visto que a repetição do mesmo movimento pode ocasionar em doenças como tendinite. Os mesmos podem conseguir exercer até a perfeição da atividade por mais tempo, visto que os trabalhos estão sujeitos à fadiga, que diminuiria a eficiência no trabalho, o que pode comprometer a produção.

O objetivo deste trabalho é projetar um modelo demonstrativo de um manipulador robótico capaz de erguer grandes cargas, podendo ele ser tanto teleoperado, quanto automatizado. Com o intuito de possibilitar o controle remotamente, será utilizada a radiofrequência, onde um emissor enviará sinais para um receptor, que será lido pelo microcontrolador, e assim, fazendo o manipulador operar de forma automatizada, onde o microcontrolador gravará movimentos feitos pelo usuário, e então repetirá esses movimentos da forma que o operador programar.

## **2 | REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Eletrônica e Microcontroladores**

Em 1951, foi inventado o transistor de junção, um dispositivo semicondutor capaz de amplificar o sinal de rádio. Este deu origem a muitas outras invenções, como os circuitos integrados, dispositivos compactos que tem milhares de transistores (MALVINO, BATES, 2016).

Os Microcontroladores são basicamente pequenos computadores em circuitos integrados bem singulares, pois os mesmos têm a possibilidade de executar códigos na memória de entrada e saída com tarefas bastante específicas. Eles são utilizados em diversos tipos de automação, os mesmos são programados por computadores ou discos de memória. Sendo assim existem aparelhos utilizados com o objetivo de transmissão do código que realizam a transferência de dados para o microcontrolador (FERREIRA, 1998).

O microcontrolador Controlador de Interface Programável (PIC) possui trinta e cinco orientações ordenadas em três diferentes formatos. A totalidade das instruções consomem apenas um formato, sendo consumido também apenas um ciclo de relógio, com ressalva das instruções de desvios que consomem apenas dois ciclos. O PIC é um microcontrolador com um Conjunto Reduzido de Instruções (RISC), baseado em acumulador, que adota uma

arquitetura Harvard. As palavras de dados e de instruções possuem tamanhos de oito e catorze bits, respectivamente (TAGLETTI, et, al., 2005).

Entretanto, para que os manipuladores consigam produzir movimentos desejados, é necessário implementar habilidades sensoriais semelhantes às do homem. Ainda que os manipuladores atuais tenham uma inúmera quantidade de sensores avançados tecnologicamente, não é possível que um manipulador reproduza com perfeição tudo que o ser humano consegue realizar (ROSÁRIO, 2010).

O motor de passo é utilizado onde o controle do número de rotações é muito importante, como em impressoras, drivers de CD e sistemas de automação industrial e robótica. O passo que esse motor dá equivale ao menor deslocamento angular para o qual fora programado. Hoje existem controladores de modulação de pulso capazes de conseguir uma resolução de posicionamento infinitamente preciso (PATSKO, 2006).

## 2.2 Caixas de Redução

Segundo Sulato (2014), uma caixa de redução trata-se de um arranjo mecânico de eixos com engrenagens de diversos tipos cuja função é reduzir a velocidade angular do sistema de acionamento de equipamentos que utilizam motores. Por consequência da diminuição da velocidade tem-se o aumento no torque transmitido, ou seja, é uma relação inversamente proporcional. Eles foram desenvolvidos pois, em algumas ocasiões, os motores não podem ser acoplados diretamente no dispositivo que irá utilizá-lo, havendo a necessidade de alterar velocidade e torque.

As caixas de redução também são chamadas de variador de velocidades e dividem-se em redutores e ampliadores. Os redutores aumentam o torque fornecido pelo motor em detrimento da velocidade angular no eixo do mesmo. Já os ampliadores aumentam a velocidade angular em detrimento do torque fornecido por ele. Nas caixas de redução o diâmetro da engrenagem acoplada ao motor deve ser maior do que a acoplada ao eixo do equipamento que o utiliza, enquanto as ampliadoras operam de forma inversa (CASER, SERAPHIM, 2014).

Um redutor é capaz de fornecer ao equipamento um torque tantas vezes maior do que o fornecido pelo motor em seu eixo, desconsiderando as perdas na caixa. Com isso, motores menores e mais simples podem ser empregados em máquinas muito robustas permitindo o funcionamento das mesmas por conta do torque agregado, o que torna processo muito mais vantajoso num ponto de vista técnico e econômico (ANTUNES; FREIRE 2002).

Os motores acoplados às reduções são motores de passo. Tratam-se de motores com alta precisão de deslocamento, designado para equipamentos nos quais o controle de número de rotações é muito importante, como impressoras, sistemas de automação industrial e robótica. O passo do motor trata-se do menor deslocamento angular que o eixo do motor pode exercer e depende da quantidade de polos do mesmo (PATSKO, 2006).

Além das reduções aplicadas, os motores também contam com recursos designados para aprimorar a relação energia-força. O uso de motores síncronos de ímãs permanentes gera uma eficiência 2% a 3% maior que a de motores de indução pois o rotor é formado por ímãs de alta densidade de fluxo, o que permite temperatura e sistema de ventilação menores, tornando o motor mais compacto (FIGUEIREDO, BIM, 2010).

## 2.3 Automatização

Os processos de automatização começaram a crescer a partir da terceira revolução industrial, que também se caracterizou pelo emprego da eletrônica e da tecnologia da informação (TI), que teve seu início nos anos 70 e ainda é empregada nos dias atuais (AZEVEDO, 2017).

Não se deve confundir o conceito de automação com automatização. A automatização refere-se à realização de movimentos automático, repetitivos e mecânicos, ou seja, é sinônimo de mecanização. Já com a automação é possível construir sistemas ativos que se utilizam da informação obtida sobre o meio pelo qual atuam, obtendo uma ótima eficiência. Ou seja, o sistema consegue calcular a correção corretiva mais apropriada, tal como o operador humano, por meio de seus sensores (ROSÁRIO, 2009).

A automatização na indústria tinha como objetivo uma maior produtividade e redução de custos. Mas com o passar do tempo foi revelado que nem sempre isso acontece. Deve-se levar em conta que o investimento para a instalação de tais processos é alto, e esta nova instalação precisa de recursos, inclusive humanos, para sua manutenção. Atualmente o motivo pelo qual muitas empresas escolhem a automação é a busca de maior qualidade dos processos, com objetivo de reduzir as perdas e a fabricação de produtos que sem ela não seriam produzidos (GUTIERREZ, PAN, 2008).

Segundo Rosário (2010), o processo de automatização dá-se através da elaboração de um processo já existente ou de um novo processo, segundo estudos de viabilidade de ganho e limite de sistemas automatizados. Dentre as principais vantagens, incluir robôs em sistemas de automatização para melhor e mais rápido desenvolvimento do mesmo.

A automatização dos processos industriais permite a projeção virtual de produtos, produção e processos em apenas um processo, obtido pela inter-relação entre produtor e fornecedor, e também permite que a produção de amostras físicas seja reduzida ao mínimo (RIBEIRO; CHAGAS, 2017).

## 3 | MATERIAIS E MÉTODO

Este trabalho trata-se de uma pesquisa experimental, já que serão necessários vários testes em laboratório para checar a eficiência e funcionalidade das partes do projeto. Este tipo tem o objetivo de entender as relações de causa-e-efeito ao eliminar explicações contraditórias (FONSECA, 2002).

Na projeção de algo como um manipulador é preciso uma certa minuciosidade quanto à escolha dos materiais, pois sabe-se que diferentes materiais se comportam de diferentes maneiras. A estrutura utilizada é feita em aço carbono, também chamado de metalon, visto que, segundo Ramos (2015) é um material resistente, leve e de baixo custo. Não obstante, também é necessária uma boa base para suportar o peso de todo o corpo. Com isso em mente, foi desenhada uma estrutura que se adequasse a essa condição, que então foi feita em placa de fibra de média densidade (MDF) com técnicas de marcenaria, ilustrada na Figura 1.



Figura 1: Base

Fonte: Autores, 2020

Além da estrutura, também foram escolhidos motores de passo e um servo motor. Os motores de passo com um bom torque, visando o objetivo de erguer cargas maiores, e o escolhido foi o NEMA 23, evidenciada na Figura 2, cujo torque é de 24kgf\*cm.



Figura 2: Motor NEMA 23

Fonte: Anúncio da RoboCore<sup>1</sup>

1. Disponível em: <[https://www.robocore.net/loja/motores/motor-de-passo-nema23-15kgf\\_cm](https://www.robocore.net/loja/motores/motor-de-passo-nema23-15kgf_cm)> Acesso em 15 de maio de 2019.

O servo motor com engrenagens de metal possui torque para aguentar peças pesadas. O escolhido foi o Servo Motor Tower Pro Mg-996, cujo torque é de 15kgf\*cm, e para a sua automatização, isto é, para o movimento contínuo e repetitivo, a escolha foi de drives para motor de passo no modelo DRV8825. A antelação desse modelo foi devido ao drive possuir tensões lógicas de 3,3 até 5V, suportando controlar motores com alimentação entre 8.2V e 45V, com a facilidade de inserir o código de programação diretamente no drive, o que ocasiona na economia de tempo para a execução do projeto.

O controle por radiofrequência do manipulador foi desenvolvido com base nos componentes de criptografia e decodificação HT12E e HT12D, conforme ilustrado na Figura 3.



Figura 3: HT12E e HT12D

Fonte: Anúncio do AliExpress<sup>2</sup>

Esses chips foram instalados em conjunto com emissores e receptores de radiofrequência de forma que pudessem acionar individualmente os comandos responsáveis por acionar os periféricos do manipulador. Quando o botão de acionamento no controle remoto é pressionado, são transmitidos 13 bits de dados, sendo o primeiro de sincronização (valor binário) e mais 4 para informar qual botão foi pressionado. O encoder HT12E faz o embaralhamento do sinal de acordo com o clock de sincronização. Quando o sinal é recebido pelo receptor, o mesmo é enviado para o decodificador HT12D que desempenha o trabalho de desembaralhar os sinais e acionar o pino determinado pelo emissor.

Para a complementação do circuito eletrônico, primeiramente serão feitos testes em uma protoboard, uma placa utilizada para testes de circuito eletrônico de fácil montagem e remodelagem, apresentada na Figura 4, para então ser feito numa placa de circuito impresso (PCI).

2. Disponível em: < <https://bit.ly/34IMaee> > Acesso em 15 de maio de 2019

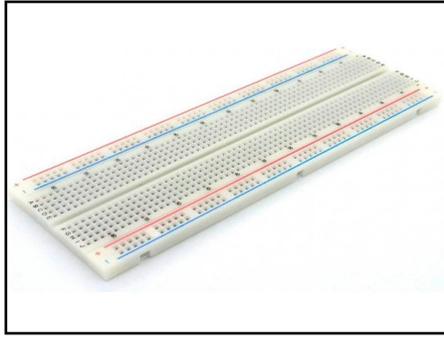


Figura 4: Protoboard

Fonte: Anúncio do Vidadesilício<sup>3</sup>

Existem vários métodos para confecção de uma PCI, e o utilizado será o método fotográfico, onde as trilhas do circuito será impressa a laser em papel fotográfico. Também será utilizada uma placa virgem, que é uma pci limpa, revestida em cobre, que será limpa e terá o circuito impresso posto sobre ela, que então será transmitido através do calor de um ferro de passar roupa. Com isso as trilhas que antes estariam no papel terão passado para a placa, que então será deixada de molho em percloroeto de ferro, para corroer o cobre para obter os trilhos conforme desejado. Então a placa será furada e os componentes soldados.

Para o movimento do eixo principal, será utilizado um cubo de bicicleta, como o tipo comum ilustrado na Figura 5 e nele será acoplada uma engrenagem maior do que a acoplada no motor, conforme exemplo da Figura 6, com o objetivo de aumentar o torque.



Figura 5: Cubo comum de roda de bicicleta

Fonte: Anúncio do Extra<sup>4</sup>

3. Disponível em: < <https://www.vidadesilicio.com.br/protoboard-830>> Acesso em 22 de maio de 2019.

4. Disponível em: < <https://www.extra.com.br/EsportesLazer/Bicicletas/peçasparabicicleta/cubo-aco-dianteiro-3-8-com-espacador-36f-13685458.html>> Acesso em 22 maio de 2019.

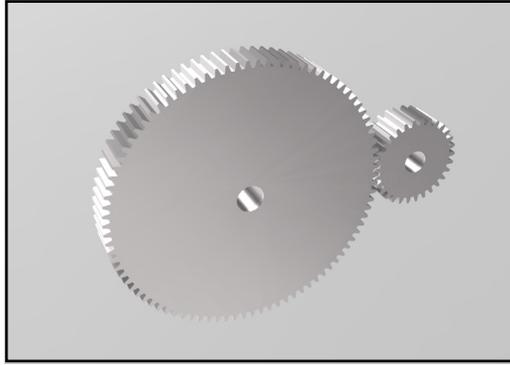


Figura 6: Modelo das engrenagens

Fonte: Autores, 2020

Para fixar o cubo no metalon, primeiramente foi serrada a parte inferior dele, então nele foram fixadas madeira em formato de quadrado, que será parafusada no metalon para evitar flutuação. Sobre a garra, um modelo obtido no GrabCard foi impresso em impressora 3D, em material PLA, apresentado na Figura 7. Depois de impressa, suas partes foram parafusadas, como demonstrado na Figura 8 e em seguida será fixado o servo motor, que fará com que a garra abra e feche.



Figura 7: Garra impressa

Fonte: Autores, 2020



Figura 8: Garra montada

Fonte: Autores, 2020

Mais além, foi desenvolvido um compartimento (Figura 9), onde serão colocados diodos emissores de luz (LEDs), que ficará na base, com o objetivo de dar uma indicação de que estará ligado.

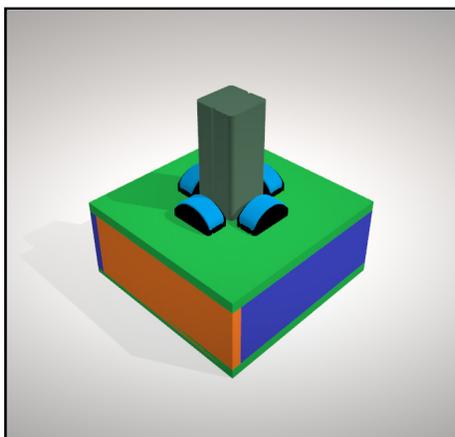


Figura 9: Modelo do *spot* de LEDs

Fonte: Autores, 2020

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram propostos dois circuitos que se comunicam um com o outro através de radiofrequência. O primeiro circuito trata-se do emissor e o segundo do receptor, ambos trabalham de forma similar, porém em sentidos inversos, enquanto o emissor transforma os sinais analógicos em sinais de radiofrequência o receptor transforma estes em sinais analógicos novamente.

Para aplicar tais circuitos no manipulador diversos acionadores analógicos foram dispostos no emissor e diversos interpretadores de sinais foram dispostos no receptor. Os acionadores analógicos transformam comandos aplicados manualmente pelo operador em um sinal elétrico que é lido e transformado pelo emissor enquanto o receptor recebe esses sinais e os envia novamente em forma analógica para a controladora principal do manipulador e esta aciona um periférico que desempenha alguma função.

Como resultado dessa aplicação foi idealizado um controle remoto capaz de controlar todas as funções do manipulador robótico a distância e sem fios, facilitando sua operação e permitindo a construção de um controle extremamente funcional, mostrado na Figura 10.



Figura 10: Modelo do controle remoto

Fonte: Autores, 2020

Circuitos eletrônicos que controlam o manipulador indicam um funcionamento previsto, porém ainda não se encontram em seu estado mais avançado. O circuito de acionamento e controle de rotação dos motores de passo mostrado na Figura 11 desempenhou sua função de forma satisfatória. Digitalmente o drive que aciona o motor de passo também funcionou como esperado. A disponibilidade de corrente do drive proporcionou os motores a conseguir trabalhar de forma rápida o suficiente para que sejam acionados quase ao mesmo tempo. A interface de entrada e saída de dados respondeu aos comandos do operador de forma esperada.

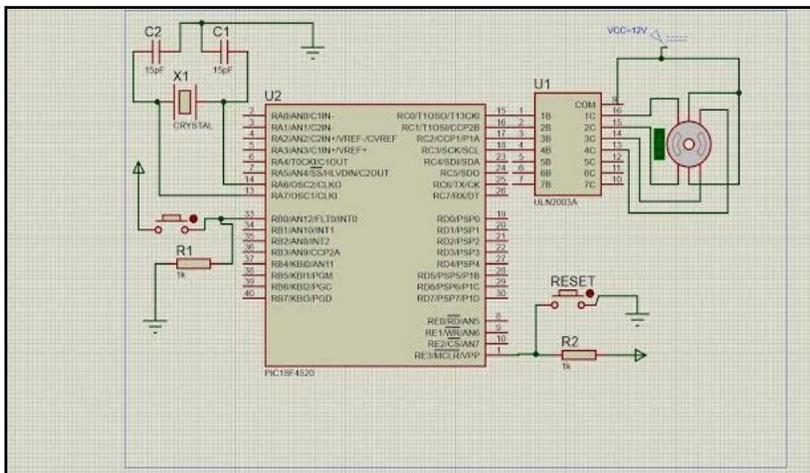


Figura 11: Circuito de acionamento

Fonte: Autores, 2020

Referente a garra, que foi devidamente parafusada e então testado seu movimento, mostrou-se eficiente, já que proporciona uma boa abertura dos dedos, e é firme, o que ajuda a evitar problemas como o objeto escapar de seus dedos, ficando menos dependente do motor que será acoplado a ela.

Por fim, na Figura 12 encontra-se o guindaste montado. Ele é facilmente desmontável, assim facilitando o transporte, o que poderia ser um empecilho, devido ao seu tamanho. Nela é possível ver um dos drivers ligado ao motor do eixo de rotação. Até o momento não foi fixada a garra ao guindaste. A Figura 13 mostra como deverá ficar após sua conclusão, imagem feita no 3D Builder da Microsoft.



Figura 12: Guindaste em desenvolvimento

Fonte: Autores, 2020

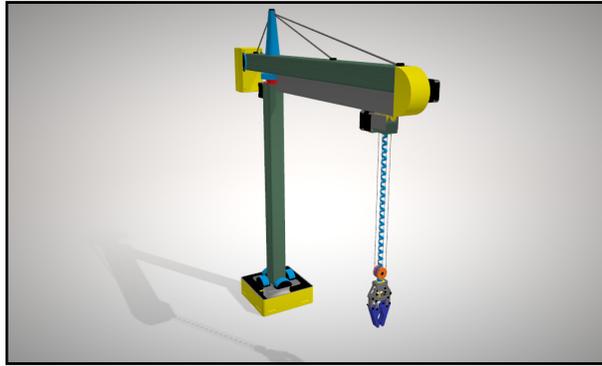


Figura 13: Modelo 3D do guindaste

Fonte: Autores, 2020

## 5 | CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um manipulador robótico, onde o projeto ocorreu de maneira diferente, no que tange a aplicação dos conceitos de controle e automação. A estrutura do projeto de guindaste, permitiu ensaios de criação a fim de possibilitar o içamento de cargas, que podem ser expandidas em escalas maiores que um manipulador comum.

Além disso, vale destacar que teleoperar e automatizar um manipulador não é uma tarefa fácil, mesmo para programadores mais experientes. Às suas inúmeras funções trouxeram dificuldades em sua transformação para código de programação, que futuramente será elaborada em linguagem C.

Entretanto, tais obstáculos só fomentaram a realização do projeto, uma vez que houve desafios na montagem das partes mecânica da montagem. Com a retirada da parte inferior do cubo de bicicleta, o mesmo ficou sem base de apoio, necessitando a fixação de madeira no formato quadrado para o melhor encaixe no metalon.

O material utilizado para a impressão da garra foi poliácido láctico (PLA), um material resistente visando o custo benefício. Entretanto, os torques dos motores de passo são muito potentes e com a utilização de um material mais resistente na garra, o manipulador conseguiria levantar até mesmo cargas maiores durante os ensaios.

Logo, os resultados atestam a capacidade de movimentação de cargas do manipulador teleoperado e automatizado. A multidisciplinaridade na fabricação desse protótipo demonstra o quanto a Engenharia Mecatrônica está envolvida em diversas áreas e que tem o potencial de buscar soluções práticas referentes à automação.

## REFERÊNCIAS

ANTUNES, I; FREIRE, M. A. C. **Elementos de Máquinas**. São Paulo: Érica, 2002.

AZEVEDO, Hélio. **Simulador para sistemas cognitivos voltado para robótica social. Automação**, [S. l.], p. 1-6, 7 mar. 2017. Disponível em: [https://www.ufrgs.br/sbai17/papers/paper\\_23.pdf](https://www.ufrgs.br/sbai17/papers/paper_23.pdf). Acesso em: 29 mar. 2019.

CASER, Igor Neves; SERAPHIM, Sylvio Kaschner Costalonga. **Projeto de caixa de redução de velocidade por correia sincronizadora para veículo baja SAE®**. 2014. Dissertação (Bacharel em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal Do Espírito Santo, Espírito Santo.

COCOTA, José. **Desenvolvimento de um robô antropomórfico com punho esférico para práticas de robótica com alunos de graduação**. Desenvolvimento, [S. l.], p. 1-7, 25 jul. 2013. Disponível em: <https://proceedings.sbmac.org.br/sbmac/article/view/139>. Acesso em: 19 mar. 2019.

FERREIRA, José. **Introdução ao projecto com sistemas digitais e microcontroladores**. 1 ed. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto: FEUP editoras, 1998.

FIGUEIREDO, Daniel; BIM, Edson. Controle linear de máximo torque de um motor síncrono de ímãs permanentes interiores. **Revista Controle & Automação, Campinas**, v. 21, 2010.

FONSECA, João. **Metodologia da pesquisa científica**. Paraná: Universidade Estadual do Paraná, 2002.

GUTIERREZ, Regina; PAN, Simon. **Complexo eletrônico: automação do controle industrial. Automação**, [S. l.], p. 1-50, 25 jan. 2008.

MALVINO, Albert; BATES, David. **Eletrônica**. In: MALVINO, Albert; BATES, David. **Eletrônica**. 2016: AMGH, 2016.

PATSKO, Luíz Fernando. **Tutorial controle de motor de passo**. PDF. 18 de dezembro de 2006.

RAMOS, Ademilson. Metalon: o metal versátil e barato. **Engenhariae**, 2019. Disponível em: <<https://engenhariae.com.br/editorial/colunas/metalon-o-metal-versatil-e-barato>>. Acesso em: 4 de jun. de 2019.

RIBEIRO, Laís; CHAGAS, Vanessa. **Automação, Desenvolvimento e Implementação de automação e controle de sistema**, p. 1-100, 10 abr. 2017. Disponível em: <http://bd.centro.iff.edu.br/handle/123456789/1702>. Acesso em: 28 mar. 2019.

ROSÁRIO, J.M. **Robótica Industrial I Modelagem, Utilização e Programação**. 2010: Baraúna, 2010.

SULATO, Alan. **Elementos orgânicos de máquinas**: Curso de Engenharia Industrial Madeireira, 2014.

TAGLIETTI, Ângelos. **Metal-containing trifurcate receptor that recognizes and senses citrate in water**. **Metal**, 2005, p. 1-7, 4 jun. 2005. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/o10507064>. Acesso em: 2 abr. 2019.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aerelasticidade 31

Atuador Eletromagnético 21, 22, 26

Automação Industrial 42, 45

### B

Barras Comprimidas 56

### C

Circuitos Shunt Multimodais 31

Controle Ativo de Vibrações 12, 15, 19, 21

Controle Passivo de Vibrações 31, 32

### E

Enrijecedor Intermediário 56, 58, 59, 63, 64, 65, 66, 67, 68

ERA/OKID 12, 13, 15, 20

Estoque 70, 75

Evolução Diferencial (ED) 1, 2, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 30, 41, 55, 69, 75, 106

### G

Gestão 70, 75, 108

### I

Inteligência Artificial 1, 2

### L

LQR (Regulador Linear Quadrático) 12, 13, 15, 21, 28, 29, 30

### M

Materiais 13, 31, 32, 42, 43, 46, 47, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 102, 108

Material Compósito 12, 13, 16, 19, 35

Mecatrônica 42, 54

Microcontroladores 42, 44, 55

### P

Padrão 24, 25, 26, 27, 70, 71, 73

Parafuso Estojo 70, 71, 72, 73, 74, 75

Perfis Formados a Frio 56, 57, 58, 69

## **R**

Rede Neural Artificial (RNA) 1

Resistência à Compressão 56, 57, 58, 64, 65, 66, 67, 68

## **S**

Sistema Dinâmico 1, 21

## **V**

Viga Flexível 21, 22

---

# ATIVIDADES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS NO CAMPO DA ENGENHARIA MECÂNICA

---

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

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

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

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

# ATIVIDADES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS NO CAMPO DA ENGENHARIA MECÂNICA

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

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

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

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