

COLEÇÃO

# DESAFIOS

DAS

# ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA MECÂNICA



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN  
JOÃO DALLAMUTA  
(ORGANIZADORES)

 Atena  
Editora  
Ano 2021

COLEÇÃO

# DESAFIOS

DAS

# ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA MECÂNICA



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN  
JOÃO DALLAMUTA  
(ORGANIZADORES)

 Atena  
Editora  
Ano 2021

<b>Editora chefe</b>	
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira	
<b>Assistentes editoriais</b>	
Natalia Oliveira	
Flávia Roberta Barão	
<b>Bibliotecária</b>	
Janaina Ramos	
<b>Projeto gráfico</b>	
Natália Sandrini de Azevedo	
Camila Alves de Cremo	
Luiza Alves Batista	
Maria Alice Pinheiro	2021 by Atena Editora
<b>Imagens da capa</b>	Copyright © Atena Editora
iStock	Copyright do Texto © 2021 Os autores
<b>Edição de arte</b>	Copyright da Edição © 2021 Atena Editora
Luiza Alves Batista	Direitos para esta edição cedidos à Atena
<b>Revisão</b>	Editora pelos autores.
Os autores	Open access publication by Atena Editora



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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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. Elio Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
Prof. Dr. Julio Cândido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Gílrene 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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> Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
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> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
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> Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
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 Federal 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 da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
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. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>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  
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 Gonçalo 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 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

**Coleção desafios das engenharias: engenharia mecânica**

**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta

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

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia mecânica /  
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 978-65-5983-259-0  
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.590212107>

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. Declararam que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## **DECLARAÇÃO DA EDITORA**

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

## 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. Além disso a busca pela otimização no desenvolvimento de projetos, leva cada vez mais a simulação de processos, buscando uma redução de custos e de tempo.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de mecânica, materiais e automação, 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. Pode-se ainda estabelecer que estas características levam a alterações quase que imediatas no projeto, sendo uma modificação constante na busca por melhores respostas e resultados.

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

<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>1</b>
MODELAGEM DE UM MANIPULADOR PARALELO 3RRR PARA INCLUSÃO DE ELOS FLEXÍVEIS	
André Vecchione Segura	
Fernanda Thaís Colombo	
Máira Martins da Silva	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121071">https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121071</a>	
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>9</b>
MODELAGEM NUMÉRICA DE SUSPENSÃO DE ¼ DE VEÍCULO	
Lucas Alves Torres	
Lucas Messias Cunha de Araújo	
João Gabriel Paulino de Souza	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121072">https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121072</a>	
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>20</b>
OTIMIZAÇÃO PARAMÉTRICA DA SUSPENSÃO DE UM CAMINHÃO COM RESTRIÇÃO DE CONFIABILIDADE	
José Gilberto Picoral Filho	
Ewerton Grotti	
Herbert Martins Gomes	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121073">https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121073</a>	
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>38</b>
ANÁLISE DE FADIGA PARA OS AÇOS ABNT 1045 E ABNT 4140 PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS	
Brenda Martins Fernandes	
Reny Angela Renzetti	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121074">https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121074</a>	
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>48</b>
ANÁLISE PARAMÉTRICA DAS FREQUÊNCIAS DOMINANTES DE UM VIOLÃO ACÚSTICO	
Marco Túlio Santana Alves	
Felipe Iglesias	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121075">https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121075</a>	
<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>56</b>
VORTEX-INDUCED VIBRATIONS MODEL WITH 2 DEGREES OF FREEDOM OF RIGID CYLINDERS NEAR A FIXED WALL BASED ON WAKE OSCILLATOR	
Rafael Fehér	
Juan Pablo Julca Avila	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121076">https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121076</a>	

**CAPÍTULO 7.....67**

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE UM COLETOR SOLAR DE TUBO EVACUADO ECCÊNTRICO

Mavd de Paula Ribeiro Teles

Kamal Abdel Radi Ismail

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121077>

**CAPÍTULO 8.....79**

RADIÔMETRO SOLAR DE BAIXO CUSTO USANDO A PLATAFORMA ABERTA ARDUINO

Elson Avallone

Cristiano Pansanato

Átila Negretti Faro

Dionísio Igor Alves da Silva

Jhonatas Wendel da Silva

Guilherme Biazzi Gonçalves

Mário César Ito

Rafael Paiva Garcia

Paulo César Mioralli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121078>

**CAPÍTULO 9.....92**

TURBULENT FORCED CONVECTION IN THE THERMAL ENTRANCE OF RECTANGULAR DUCTS: ANALYSIS FOR DIFFERENT MODELS OF VELOCITY DISTRIBUTION AND MOMENTUM EDDY DIFFUSIVITY

Dhiego Luiz de Andrade Veloso

Carlos Antônio Cabral dos Santos

Fábio Araújo de Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121079>

**CAPÍTULO 10.....109**

SELEÇÕES DE SUBSTITUIÇÃO EM UM ALGORITMO GENÉTICO DE CODIFICAÇÃO REAL APLICADO À OTIMIZAÇÃO DE UM CICLO RANKINE ORGÂNICO DE DUPLO ESTÁGIO

Guilherme de Paula Prado

Renan Manozzo Galante

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210710>

**CAPÍTULO 11.....124**

DINÂMICA LINEAR PLANAR DE UM TUBO ENGASTADO TRANSPORTANDO FLUIDO COM UMA MASSA ANEXADA NA EXTREMIDADE LIVRE

Milton Aparicio de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210711>

**CAPÍTULO 12.....138**

SENSOR CAPACITIVO PARA DETECÇÃO DE FRAÇÃO DE VAZIO EM ESCOAMENTO BIFÁSICO ÁGUA-AR

Anderson Giacomeli Fortes

Jeferson Diehl de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210712>

**CAPÍTULO 13.....150**

STUDY OF STATIC AND DYNAMIC LEVELS OF UNDERGROUND AQUIFER WELLS TO MAINTAIN THEIR BALANCE LEVEL IN THE PROVINCE OF ICA - 2014

Primitivo Bacilio Hernández Hernández

Omar Michael Hernández García

Aníbal Bacilio Hernández García

Jessenia Leonor Loayza Gutiérrez

Walter Merma Cruz

Marcos Luis Quispe Pérez

Edward Paul Sueros Ticona

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210713>

**CAPÍTULO 14.....164**

SISTEMAS COMPUTACIONAIS INTELIGENTES E CONTROLE AVANÇADO COM ÉNFASE EM MAPAS COGNITIVOS FUZZY EM SISTEMAS DINÂMICOS APLICADOS EM DIFERENTES ÁREAS, COM ÉNFASE EM ROBÓTICA

Márcio Mendonça

Marina Souza Gazotto

Marina Sandrini

Marta Rúbia Pereira dos Santos

Rodrigo Henrique Cunha Palácios

Fábio Rodrigo Milanez

Lillyane Rodrigues Cintra

Francisco de Assis Scannavino Junior

Wagner Fontes Godoy

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210714>

**CAPÍTULO 15.....181**

ROBÔ AUTÔNOMO PARA ESTACIONAMENTO

Lucas Netto Luzente de Almeida

Graziele Barreto da Costa Almeida

Heitor Gomes de Souza Batista

Armando Carlos de Pina Filho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210715>

**CAPÍTULO 16.....193**

PROTOTIPIGEM RÁPIDA 3D APLICADA AO ÂMBITO UNIVERSITÁRIO

Vitória de Oliveira Mattos

Lucas Ruzzon de Jesus Ortega

Rafael Issao Fukai

Milena de Sousa Ferreira  
João Pedro Monterani Laguna  
Marcelo Sampaio Martins

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210716>

**CAPÍTULO 17.....199**

UMA SOLUÇÃO ANALITICA PARA EFEITOS MECANICOS EM TUMORES SÓLIDOS AVASCULARIZADOS

Francisco Jose Vargas da Silva  
Fernando Pereira Duda

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210717>

**SOBRE OS ORGANIZADORES .....206**

**ÍNDICE REMISSIVO.....207**

# CAPÍTULO 16

## PROTOTIPAGEM RÁPIDA 3D APLICADA AO ÂMBITO UNIVERSITÁRIO

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 15/05/2021

### Vitória de Oliveira Mattos

Graduanda em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Guaratinguetá – SP

<http://lattes.cnpq.br/6493204859114101>

### Lucas Ruzzon de Jesus Ortega

Graduando em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Guaratinguetá – SP

<http://lattes.cnpq.br/8327905527549288>

### Rafael Issao Fukai

Graduando em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Guaratinguetá – SP

<http://lattes.cnpq.br/5005803269477916>

### Milena de Sousa Ferreira

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Guaratinguetá – SP

<http://lattes.cnpq.br/2357069366480818>

### João Pedro Monterani Laguna

Graduando em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Guaratinguetá – SP

<http://lattes.cnpq.br/9056782490918516>

### Marcelo Sampaio Martins

Doutorado pela Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Guaratinguetá - SP

<http://lattes.cnpq.br/2065406016830791>

**RESUMO:** O presente estudo tem como proposta apresentar realizações que buscaram aplicar a prototipagem 3D dentro e fora da comunidade acadêmica, por meio de atividades que contaram com impressoras 3D FDM (*Fused Deposition Modeling*). O projeto que será explicado a seguir foi realizado por membros do grupo PET (Programa de Educação Tutorial) de Engenharia Mecânica de Guaratinguetá (FEG/UNESP) e teve início no ano de 2019. Desta forma, em 2019 foi estruturado e montado o laboratório de prototipagem 3D do grupo PET, desde então o estudo teórico e prático do assunto foi realizado. No ano de início, as atividades se voltaram para o estudo teórico e a impressão de peças para alguns discentes. Em 2020, as atividades buscaram atuar de maneira mais incisiva dentro da instituição e também expandiu para fora dela, sendo assim projetos que envolvem a produção de maquetes 3D inclusivas, minicurso de prototipagem 3D e a montagem de um scanner 3D foram algumas das atividades que se iniciaram em 2020. Além disso, em meio ao contexto de pandemia o laboratório imprimiu máscaras de proteção, que foram doadas para dois municípios, a fim de atuar como auxílio ao combate ao covid-19. Diante disso, o artigo apresentará mais detalhadamente essas realizações que buscam cooperar com o ensino superior público e comunidade local.

**PALAVRAS - CHAVE:** EPI's, Impressão 3D, PET.

# FAST 3D PROTOTYPING APPLIED TO UNIVERSITY ENVIRONMENT

**ABSTRACT:** The present study aims to present achievements that sought to apply 3D prototyping inside and outside the academic community, through activities that count with 3D FDM (Fused Deposition Modeling) printers. The project, that will be explained below, was performed by members of the PET (Tutorial Education Program) group of Mechanical Engineering of Guaratinguetá (FEG / UNESP), project that began in 2019. Thus, in 2019 the 3D prototyping laboratory of PET's group was structured and set up, since then, the theoretical and practical study of the subject has been carried out. In the beginning of the year, the activities focused on the theoretical studies and printing of pieces for some students. In 2020, the activities sought to act in a more incisive way into the university and was also expanded outside of it. Projects involving the production of inclusive 3D models, 3D prototyping mini-courses and the assembly of a 3D scanner were some of the activities that were carried out in 2020. In addition, in the context of a pandemic, the laboratory printed protective masks, which were donated to two towns, in order to aid in covid-19's combat. Therefore, the article will present these achievements, that seek to cooperate with public higher education and the local community, with more details.

**KEYWORDS:** PPE, 3D Printing, PET.

## 1 | INTRODUÇÃO

Em meio a Indústria 4.0, diversas inovações tecnológicas surgiram e entre elas destaca-se a prototipagem 3D. A manufatura aditiva aliada ao conceito de prototipação 3D rápida se tornou um dos grandes pontos de relevância e novidade dentro da engenharia.

Atualmente, o cenário futuro apresenta ainda mais espaço para a prototipagem 3D em diversos âmbitos, como arquitetura, engenharia e educação.

Diante deste contexto, tornou-se fundamental a abordagem do assunto dentro dos cursos de engenharia de instituições de ensino superior. Contudo, em muitos cursos ainda não foi formalizado uma disciplina que trate a prototipagem 3D. Sendo assim, iniciativas tanto dos docentes quanto dos discentes são indispensáveis, em busca de democratizar o assunto dentro e fora do ambiente universitário, o que pode ser realizado por meio de capacitações, atividades acadêmicas ou de assistência a comunidade, entre outros.

A seguir, o presente artigo, apresentará realizações que possuem como fim contribuir social e educacionalmente.

## 2 | METODOLOGIA

O ano de 2019 foi dedicado a estruturação e criação do laboratório de prototipagem 3D, de responsabilidade do grupo PET de Engenharia Mecânica de Guaratinguetá/SP. Dentre as atividades desenvolvidas no ano, está a impressão de peças comuns da engenharia para uso dos discentes matriculados em uma disciplina optativa focada em projetos, dentre os dispositivos impressos em 3D estão rolamentos, engrenagens, polias,

entre outros. Além disso, foram impressas peças para estudantes que realizavam pesquisas científicas e para equipes de competição da FEG.

Como primeiro passo, a equipe do grupo PET que atuou no laboratório de prototipagem se dedicou às pesquisas e estudo da teoria que envolve o tema, após isso deu-se início ao estudo prático, composto por: modelagem 3D em softwares, como *Autocad* e *Inventor*; uso do software de fatiação da impressora 3D, como o *Simplify 3D*; Impressões de peças testes.

Desta maneira, após todo o processo de aprendizado acerca da prototipagem 3D, foi possível iniciar algumas das atividades citadas anteriormente, como as peças para a equipe de competição de Robótica da FEG e peças para os projetos dos discentes que cursaram a disciplina optativa focada em projetos.

No ano de 2020, o grupo PET buscou expandir as realizações do laboratório atingindo, também, a comunidade local. A partir disso, e devido a pandemia que se instalou no início do ano de 2020, o laboratório foi responsável pela impressão de mais de 100 máscaras de proteção (*Face Shields*), que foram doadas às prefeituras de Guaratinguetá e Potim, a fim de atuar no combate do covid-19, em um momento em que o país passava por uma escassez de EPI.

Ainda em 2020, buscando atuar em mais áreas dentro e fora da comunidade acadêmica, novas atividades foram iniciadas. As atividades foram iniciadas com os membros da equipe atuando à distância e sem acessar o laboratório de prototipagem, por conta da pandemia e implementação do ensino à distância. Para tanto, foram utilizadas ferramentas de comunicação, como *Google Meet* e a rede social *WhatsApp*, como auxílio para realização das atividades.

Em 2020, a equipe do grupo PET que atuou na prototipagem 3D em 2019 teve sua composição alterada com a inserção de novos membros, que passaram por um momento de estudo da parte teórica e prática sobre o assunto. A partir daí, novas atividades iniciaram com intuito de serem finalizadas na volta às aulas presenciais, entre elas: Minicurso de prototipagem 3D; Montagem de um scanner 3D; Maquetes 3D de áreas do campus e que sejam inclusivas aos deficientes visuais.

A seguir, será explicada mais detalhadamente cada atividade citada anteriormente, todas elas têm como pretensão serem finalizadas presencialmente, porém toda a parte teórica, planejamento e modelagem serão realizados a distância (enquanto durar o ensino a distância).

O Scanner 3D que será montado ficará disponível para uso por todos do campus. Para essa atividade, primeiramente, foi realizada a pesquisa entre dois modelos de scanner 3D, a decisão pelo modelo “Ciclop” foi baseada em custo-benefício e conhecimentos que a equipe agregaria com o processo de montagem. Além disso, foram realizadas pesquisas sobre seu funcionamento mecânico e elétrico, além de softwares para utilizá-lo, essas informações foram documentadas para posterior uso na montagem do scanner. O dispositivo

agregará muito em atividades e estudos que envolvem a prototipagem 3D e outros setores do curso de engenharia, como por exemplo, pesquisas que envolvem engenharia reversa.

Em relação as maquetes, elas possuem como objetivo auxiliar na localização dos estudantes ingressantes e pessoas com deficiência visual. Sendo assim, iniciou-se a modelagem do campus e alguns blocos, que terão junto a si dispositivos em braile. Em um primeiro momento, a equipe realizou a modelagem das maquetes, por meio do software *Inventor*, após acesso as plantas do campus. Em um segundo momento, iniciou-se o estudo da Língua Braile para confecção do dispositivo inclusivo. A impressão das maquetes e sua implementação no campus depende da data de retorno das aulas presenciais.

O minicurso de prototipagem 3D tem como proposta ser aplicado remotamente para universitários da FEG e presencialmente para estudantes do ensino médio público de Guaratinguetá, a fim de apresentar o campus e o curso de engenharia e estimular a ingressão de mais jovens da rede pública nas universidades. O curso será composto por 5 módulos, sendo eles: História da Impressão 3D; Impressão 3D; Modelagem 3D; Software de Fatiamento; Manutenção das Impressoras 3D.

### 3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ano de 2019 apresenta-se como um momento de teste e primeiro contato com a prototipagem 3D. Desta maneira, a equipe utilizou seu tempo para se capacitar frente a teoria e prática que cerca o assunto. Ademais, as realizações que se destacaram nesse ano foram as impressões voltadas para a equipe de competição de robótica e para discentes matriculados na matéria optativa focada em projetos. Portanto, após uma análise do contexto geral é possível afirmar que em 2019 os feitos do projeto foram bastante satisfatórios.

Em 2020 e 2021, a meta é que mais atividades práticas sejam realizadas, dentro e fora do campus universitário, visto que alguns membros da equipe que atuam no projeto já adquiriram certo conhecimento envolvendo a prototipagem 3D em 2019.

As atividades em desenvolvimento atuam nos âmbitos social e educacional, pretende-se, assim, futuramente observar melhorias nesses aspectos no campus da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá e no município o qual se insere.

Um fator que dificulta a finalização das atividades a curto prazo se trata da pandemia, assim, a impressão 3D das peças de cada projeto será realizada, em sua grande parte, na volta às aulas presenciais. Portanto, o período de ensino EAD será focado na modelagem 3D e pesquisa dos temas abordados em cada projeto.

Uma das atividades de maior destaque em 2020, trata-se da impressão das estruturas dos EPI's, que foram doados às prefeituras de Guaratinguetá e Potim como auxílio ao combate ao covid-19. A iniciativa foi um importante primeiro passo para o laboratório de prototipagem contribuir com a comunidade.

As Figuras 1 e 2 referem-se à produção das *Face Shields* e a figura 3 às peças produzidas para a equipe de robótica.

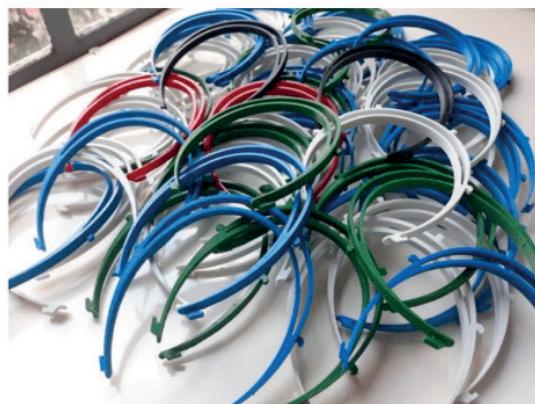


Figura 1: Estrutura do EPI.



Figura 2: EPI finalizado e em uso.

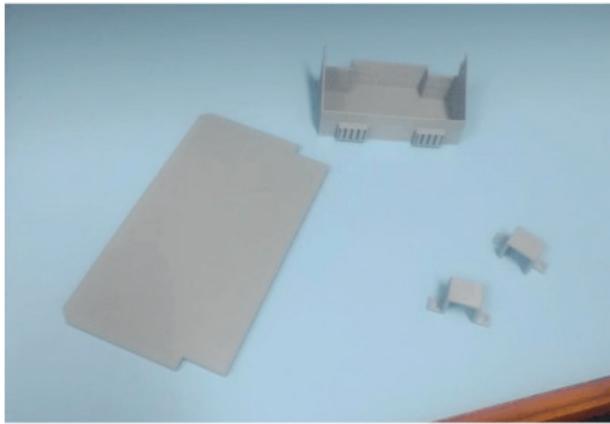


Figura 3: Peças impressas para a equipe de Robótica da FEG

## 4 | CONCLUSÃO

Seguindo os objetivos do Programa de Educação Tutorial, o projeto envolvendo a prototipagem 3D se propôs a realizar atividades que atuassem nos âmbitos de ensino, pesquisa e extensão, a fim de buscar trazer melhorias para dentro e fora da comunidade acadêmica, devolvendo para a comunidade uma pequena parcela de tudo que a formação acadêmica proporciona aos estudantes.

Diante das realizações apresentadas no presente artigo, conclui-se que o projeto cumpriu seu propósito com qualidade. As atividades conseguiram atingir parte dos discentes, como evidenciado nas impressões para a equipe de robótica, e parte da comunidade local, como nas impressões dos EPI's.

Ademais, espera-se um bom retorno após finalizadas algumas das atividades iniciadas, como as maquetes inclusivas e o minicurso que será aplicado.

A produção e doação das máscaras de proteção se destacaram pela grande divulgação que receberam, por meio de publicações em sites e redes sociais da instituição. Apesar de diversas evidências de que a ciência e pesquisa são essenciais para o contínuo desenvolvimento da sociedade, verbas públicas são constantemente cortadas das instituições de ensino superior público. Portanto, é de extrema importância a constante divulgação e reafirmação dos benefícios que a ciência é capaz de trazer.

## REFERÊNCIAS

CUNHA, Carolina. **Tecnologia - o que é a 4<sup>a</sup> revolução.** UOL, 2017. Disponível em: <https://vestibular.uol.com.br/resumo-das-disciplinas/actualidades/tecnologia-o-que-e-a-4-revolucao-industrial.htm>. Acesso em 13 de maio de 2021.

VILADARGA, Stella. **Sobre o PET-História/USP.** USP, 29 de mar de 2019. Disponível em: <https://pethistoriausp.wordpress.com/>. Acesso em 12 de jul de 2020.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

- Aços 10, 38, 39, 40, 46
- Algoritmo Genético 11, 109, 111, 112, 174
- Arduino 11, 79, 80, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 172, 175, 190, 192

### C

- Campo de temperatura 92, 93
- CitationID 112, 116
- Citationitems 168
- Confiabilidade 10, 20, 21, 22, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 79
- Controle Adaptativo 165
- Convecção Forçada 92, 93

### E

- Elementos Finitos 10, 1, 2, 6, 21, 38, 39, 45, 46, 47, 48, 50, 55, 128, 129, 131, 137
- Energia renovável 67
- Energia Solar 67, 79, 90, 91
- EPI's 193, 196, 198
- Escoamento bifásico 12, 138, 139, 140, 148
- Escoamento Turbulento 92, 93
- Estacionamento Autônomo 181

### F

- Fadiga 10, 21, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 125
- Fluido-Estrutura 57, 124
- Fração de vazio 12, 138, 139, 140, 142, 145, 146, 147, 148, 149
- Frequência 6, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 21, 26, 48, 49, 52, 116, 125, 133, 135, 140, 142, 143, 145, 146
- Função de transferência 9, 12, 14, 15

### G

- Graus de liberdade 9, 11, 23

### I

- Impressão 3D 193, 196
- Instrumentação 80, 91, 144, 190

## L

Lógica Fuzzy 165

## M

Manipulador Flexível 1, 2

Manipulador Paralelo 10, 1, 2, 3, 6

Matriz 128, 129, 130, 131, 135, 166, 170, 187, 199, 200, 201, 203, 205

Modelo Multicorpos 1, 2, 6

## N

Nusselt 92, 93, 99, 100, 101, 102, 103, 106

## O

Otimização 9, 10, 11, 20, 21, 22, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 48, 49, 55, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 170, 175, 177, 192

## P

PET 193, 194, 195, 198

Piranômetro 80, 81

Projeto mecatrônico 181

Protótipos 39, 165, 167, 172, 177

## R

Radiação térmica 80, 82

Radiômetro 11, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91

Redes Neurais Artificiais 164, 165, 166, 168

## S

Seleção 109, 111, 112, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 170, 171, 176, 185

Sensor capacitivo 12, 138, 140, 145

Simulação 9, 2, 3, 6, 17, 20, 25, 28, 35, 38, 40, 43, 44, 45, 46, 135, 167, 169

Sistemas Computacionais Inteligentes 12, 164, 168

Sistemas Dinâmicos 12, 124, 164, 167

Sistemas Térmicos 109, 111

Stress 199

Suspensão 10, 9, 10, 11, 13, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 184

## T

Tensão 2, 3, 42, 43, 44, 45, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 187, 199, 200, 201, 203, 204

Tumor 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205

**V**

Vibração 1, 2, 5, 9, 10, 13, 16, 17, 20, 21, 26, 50, 133

Violão 10, 48, 49, 50, 51, 54

COLEÇÃO

# DESAFIOS

DAS

# ENGENHARIAS:

## 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)
- FACEBOOK [facebook.com/atenaeditora.com.br](https://facebook.com/atenaeditora.com.br)

COLEÇÃO

# DESAFIOS

DAS

# ENGENHARIAS:

## 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)
  - FACEBOOK [facebook.com/atenaeditora.com.br](https://facebook.com/atenaeditora.com.br)