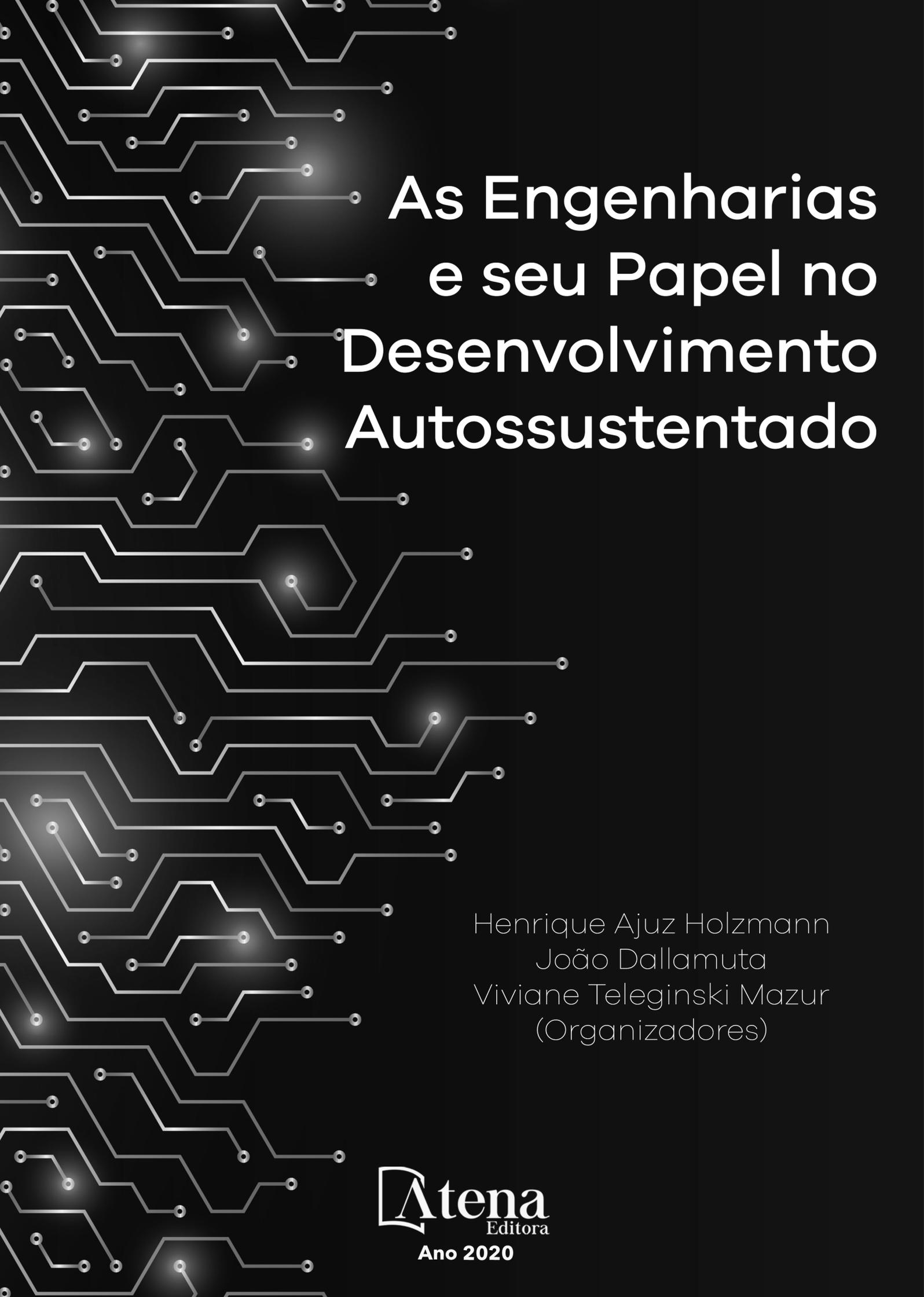


# As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
Viviane Teleginski Mazur  
(Organizadores)

**Atena**  
Editora  
Ano 2020



# As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
Viviane Teleginski Mazur  
(Organizadores)

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Lorena Prestes

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

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 – Universidade Federal do Maranhão

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

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. 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. 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. 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  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
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  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
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 Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
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

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

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

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **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. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
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  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
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 Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 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. Lilian 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. Me. 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. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	<p>As engenharias e seu papel no desenvolvimento autossustentado [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta, Viviane Teleginski Mazur. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader            Modo de acesso: World Wide Web            Inclui bibliografia            ISBN 978-65-5706-146-6            DOI 10.22533/at.ed.466203006</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Dallamuta, João. III. Mazur, Viviane Teleginski.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado Vol. 1 e 2 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 24 capítulos, com assuntos voltados a engenharia elétrica, materiais e mecânica e sua interação com o meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 27 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, da construção civil com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção de baixo com baixo impacto ambiental.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões sobre temas atuais nas engenharias, de maneira aplicada as novas tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

Viviane Teleginski Mazur

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ANÁLISE DE INFRAESTRUTURA E DEMANDA ENERGÉTICA PARA INSERÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL	
Mailson Gonçalves Morais Gian Lucas Martins Vagner Silva Guilherme DOI 10.22533/at.ed.4662030061	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
ELETRODEPOSIÇÃO DE SEMICONDUTORES PARA APLICAÇÃO EM ENERGIA RENOVÁVEL	
Victor Rocha Grecco DOI 10.22533/at.ed.4662030062	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>28</b>
INVESTIGAÇÃO DAS GRANDEZAS QUE IMPACTAM NA VIDA ÚTIL DE UM TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA	
Giancarlo de França Aguiar Bárbara de Cássia Xavier Cassins Aguiar DOI 10.22533/at.ed.4662030063	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>40</b>
NOVA ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE DATACENTERS - O ÍNDICE EUED (ENERGY USAGE EFFECTIVENESS DESIGN)	
Alexandre Fernandes Santos Pedro Dinis Gaspar Heraldo José Lopes de Souza DOI 10.22533/at.ed.4662030064	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>58</b>
MÓDULO DE SENSORIAMENTO INERCIAL APLICADO À CAPTURA DE MOVIMENTO DA MARCHA NA PARALISIA CEREBRAL	
Lucas Novaki Ribeiro Rafael Traldi Moura DOI 10.22533/at.ed.4662030065	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>67</b>
CALCULANDO SENSORES LAMBDA, TPS E MAP COM EXATIDÃO MÁXIMA	
Robson Eduardo dos Anjos Schneider Aline Brum Loreto Eduardo Rorato Guarienti Matheus Brondani de Vargas DOI 10.22533/at.ed.4662030066	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>78</b>
CÁLCULO VIA DISCRETIZAÇÃO DE PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DE FIGURAS PLANAS	
Arthur Coutinho de Araújo Pereira Pedro Henrique Tomaz Fernandes Carlos Antônio Taurino de Lucena Ângelo Vieira Mendonça DOI 10.22533/at.ed.4662030067	

<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>95</b>
UTILIZANDO A TRANSFORMADA RÁPIDA DE FOURIER NA IDENTIFICAÇÃO DO FENÔMENO NÃO LINEAR EM SISTEMAS DINÂMICOS	
<a href="#">Marcelo Henrique Belonsi</a> <a href="#">Maria Francisca da Cunha</a> <a href="#">Manoel Moraes Junqueira</a> <b>DOI 10.22533/at.ed.4662030068</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>103</b>
DIMENSIONAMENTO DE PISTÃO MAGNETO REOLÓGICO UTILIZANDO ANÁLISE NUMÉRICA	
<a href="#">Lays Cristina Gama Lopes</a> <a href="#">Luiz Fernando Cótica</a> <a href="#">Ivair Aparecido dos Santos</a> <b>DOI 10.22533/at.ed.4662030069</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>119</b>
SINTONIA DE UM CONTROLADOR PID PARA UM SISTEMA MASSA-MOLA-AMORTECEDOR DE UM GRAU DE LIBERDADE	
<a href="#">Isabela Kimie Ota</a> <a href="#">Daniel Almeida Colombo</a> <b>DOI 10.22533/at.ed.46620300610</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>124</b>
AVALIAÇÃO DO USO DE MÓDULOS TERMOELÉTRICOS COMO DISPOSITIVO DE RECUPERAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA	
<a href="#">Marco Antonio Rodrigues de Brito</a> <a href="#">Marcus Costa de Araújo</a> <b>DOI 10.22533/at.ed.46620300611</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>141</b>
VARIAÇÃO DA ALCALINIDADE DOS FLUIDOS DE PERFURAÇÃO COM BIODIESEL	
<a href="#">Elba Gomes dos Santos Leal</a> <a href="#">Rui Carlos de Sousa Mota</a> <a href="#">Ricardo Guilherme Kuentzer</a> <a href="#">Bento Pereira da Costa Neto</a> <a href="#">Danilo Matos Moura</a> <b>DOI 10.22533/at.ed.46620300612</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>154</b>
COMPARAÇÃO DE ÍNDICES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E EMISSÕES DO SEGMENTO DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS	
<a href="#">Mauro Donizeti Berni</a> <a href="#">Paulo Cesar Manduca</a> <b>DOI 10.22533/at.ed.46620300613</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>162</b>
DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA ENSAIO DE IMPACTO POR QUEDA DE PESO EM BORDA DE COMPÓSITOS	
<a href="#">João Pedro Inácio Varela</a> <a href="#">Joseph Bruno Rodrigues Almeida</a> <a href="#">Wanderley Ferreira de Amorim Júnior</a> <b>DOI 10.22533/at.ed.46620300614</b>	

**CAPÍTULO 15 ..... 176**

PRODUÇÃO DE FOTOCATALISADORES UTILIZANDO CINZAS RESIDUAIS

Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante

Aline Domingues Gomes

Lucas de Souza Borban

Jean César Marinozi Vicentini

**DOI 10.22533/at.ed.46620300615**

**CAPÍTULO 16 ..... 191**

EFEITO DA GRANULOMETRIA DA FIBRA DE COCO VERDE NA ADSORÇÃO DE COMPOSTOS PROVENIENTES DO PETRÓLEO

Isadora Barreto Coutinho

Inês Aparecida Santana

Antonia Miwa Iguti

**DOI 10.22533/at.ed.46620300616**

**CAPÍTULO 17 ..... 203**

APLICABILIDADE DE NANOCOMPÓSITOS A BASE DE NANOPARTÍCULAS DE CARBONO EM EMBALAGENS ALIMENTÍCIAS

Anne Caroline da Silva Rocha

Livia Rodrigues de Menezes

Emerson Oliveira da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.46620300617**

**CAPÍTULO 18 ..... 212**

DEGRADAÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO POR  $Nb_2O_5$  SUPORTADO EM  $SiO_2$

Thais Delazare

Rodrigo da Silva Neu

Emerson Schwingel Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.46620300618**

**CAPÍTULO 19 ..... 221**

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE  $Ba_xSr_{1-x}Co_yFe_{1-y}O_{3+\Delta}$  PARA PREPARAÇÃO DE CAMADA FUNCIONAL DO ELETRODO CATÓDICO DAS CÉLULAS A COMBUSTÍVEL DO TIPO IT-SOFC

Mariana Lima

Everton Bonturim

Marco Andreoli

Nelson Batista de Lima

Emília Satoshi Miyamaru Seo

**DOI 10.22533/at.ed.46620300619**

**CAPÍTULO 20 ..... 231**

ESTUDO DA FIBRA DA URTIGA E DO ALGODÃO COLORIDO ORGÂNICO: DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS PARA O VESTUÁRIO POR MEIO DO CRUZAMENTO DE FIBRAS

Giulia Mendonça Tenorio de Alburquerque

Ronaldo Salvador Vasques

Fabício de Souza Fortunato

Camila Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.46620300620**

<b>CAPÍTULO 21 .....</b>	<b>239</b>
ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE ACESSÓRIOS VOLTADOS PARA O VESTUÁRIO UTILIZANDO COMO MATÉRIA-PRIMA O COURO DE KOMBUCHA	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Caroline Schuch Klein</li> <li>Ana Beatriz Pires da Silva</li> <li>Ronaldo Salvador Vasques</li> <li>Luciane do Prado Carneiro</li> <li>Fabício de Souza Fortunato</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.46620300621</b>	
<b>CAPÍTULO 22 .....</b>	<b>247</b>
PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL APLICADO AO PRÉ-TRATAMENTO DA BATATA DOCE COM ÁCIDO CÍTRICO E À SECAGEM PARA AVALIAÇÃO DA COR	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tamires Barlati Vieira da Silva</li> <li>Ana Paula da Silva Sbrunhera</li> <li>Priscila Dayane de Freitas Santos</li> <li>Thaysa Fernandes Moya Moreira</li> <li>Anielle de Oliveira</li> <li>Fernanda Vitória Leimann Bogdan</li> <li>Demczuk Junior</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.46620300622</b>	
<b>CAPÍTULO 23 .....</b>	<b>259</b>
CARACTERIZAÇÃO DE MEL E HIDROMEL ATRAVÉS DE CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Marcello Lima Bertuci</li> <li>Lígia Boarin Alcalde</li> <li>Silvia Maria Martelli</li> <li>Évelin Marinho de Oliveira</li> <li>Angela Dulce Cavenaghi Altemio</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.46620300623</b>	
<b>CAPÍTULO 24 .....</b>	<b>265</b>
ESTUDO DA PRODUÇÃO DE PRODUTOS DE EXTRATOS ALCOÓLICOS CONCENTRADOS E DE ÁLCOOL GEL A PARTIR DE DESCARTES DE BEBIDAS ALCOÓLICAS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pierre Correa Martins</li> <li>Gabriel Alexandre Clemente</li> <li>Pedro Passador Bittencourt de Sá</li> <li>João Alves de Medeiros Neto</li> <li>Heloísa Barbosa de Oliveira</li> <li>Lara Patrício Ferreira</li> <li>Daniel Felipe Lima Soares</li> <li>Nilmara Beatriz Sousa de Oliveira</li> <li>Raquel de Medeiros Neto</li> <li>Thayze Rodrigues Bezerra Pessoa</li> <li>Joselma Araújo de Amorim</li> <li>Vital de Souza Queiróz</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.46620300624</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES.....</b>	<b>279</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>280</b>

## UTILIZANDO A TRANSFORMADA RÁPIDA DE FOURIER NA IDENTIFICAÇÃO DO FENÔMENO NÃO LINEAR EM SISTEMAS DINÂMICOS

Data de aceite: 19/06/2020

### Marcelo Henrique Belonsi

Universidade Estadual de Goiás, Instituto Acadêmico de Educação, Licenciaturas e Humanidades  
Morrinhos – Go

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1430-2056>

### Maria Francisca da Cunha

Universidade Estadual de Goiás, Instituto Acadêmico de Educação, Licenciaturas e Humanidades  
Morrinhos – Go

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0943586067297134>

### Manoel Moraes Junqueira

Universidade Estadual de Goiás, Instituto Acadêmico de Educação, Licenciaturas e Humanidades  
Morrinhos – Go

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1125102362304422>

**RESUMO:** A análise de vibrações mecânicas (lineares e não lineares) compõem um dos objetos de pesquisas de inúmeros trabalhos científicos. Isso se deve ao fato de que as vibrações mecânicas estarem presentes em todo os tipos de estruturas mecânicas influenciando-as sob as mais diversas formas e, em diferentes níveis, incidindo

diretamente, assim, em sua vida útil, na segurança, bem como na operação de máquinas e equipamentos, etc. Diante disso, este trabalho visa utilizar a Transformada Rápida de Fourier (*Fast Fourier Transform - FFT*) com vistas a identificar e caracterizar o fenômeno não linear. Dessa forma, é necessário que o efeito não linear atuante no sistema seja disposto na equação do movimento como uma força de perturbação do sistema conservativo, possibilitando assim controlar a evolução do efeito não linear sobre o sistema dinâmico e, por consequência aplicar a FFT. Permitindo, assim, identificar o efeito não linear, bem como a evolução de sua caracterização.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise dinâmica. Equação Diferenciais. Método de Newmark. Não linearidades.

### USING FOURIER'S FASTTRANSFORMED TO IDENTIFY NONLINEAR PHENOMENON IN DYNAMIC SYSTEMS

**Abstract:** The analysis of mechanical vibrations (linear and nonlinear) is one of the objects of research in numerous scientific works. This is due to the fact that mechanical vibrations are present in all types of mechanical structures, influencing them in the most diverse forms and at different

levels, directly affecting their useful life, safety, as well as the operation of machines and equipment, etc. This work aims to use the Fast Fourier Transform (FFT) in order to identify and characterize the nonlinear phenomenon in dynamic systems incorporating nonlinearities. Thus, it is necessary that the nonlinear effect acting on the system be disposed in the equation of movement as a disturbing force of the conservative system, making it possible to control the evolution of the nonlinear effect on the dynamic system in order to allow the application of FFT. As a consequence, it is possible to identify the non-linear effect as well as the evolution of its characterization.

**KEYWORDS:** Dynamical analysis. Differential Equation. Newmark method. Nonlinearities.

## 1 | INTRODUÇÃO

A dinâmica não linear é uma teoria matemática que estuda sistemas de equações de evolução, ou seja, equações onde o tempo é uma variável independente (WIGGINS, 1990). Se tais equações forem lineares, há soluções gerais que nos permitem determinar o comportamento futuro do sistema descrito de forma exata, em função do seu estado atual. Porém, no trato de equações não lineares, essas soluções exatas, em geral, não existem na forma fechada.

Diante disso, a dinâmica não linear concentra-se nos comportamentos a longos períodos do sistema que está sendo estudado (ALLIGOOD, SAUER e YORKE, 1997) e (SAVI, 2010), porém este estudo específico terá foco no comportamento futuro a pequenos tempos, normalmente, obtido por solução numérica (computacional) das equações de evolução.

Por outro lado, o campo de aplicações da dinâmica não linear é muito extenso, abrangendo os sistemas físico, biológico, das ciências sociais, etc. que possam ser descrito por equações de evolução (VIANA, 2011). Porém, neste trabalho, especial atenção será dada a sistemas matemáticos, físicos ou da mecânica clássica incorporando incertezas paramétricas.

Levando-se em consideração, a variabilidade de parâmetros físicos e/ou geométricos, certamente, tais incertezas incorrerão nas respostas dos modelos numéricos representativos dos sistemas. Além disso, hipóteses equivocadas sobre condições de contorno ou sobre a linearidade do sistema em análise pode ser feita, o que resulta nas chamadas incertezas de modelo. Portanto, fica evidente que, para aumentar a representatividade desses modelos preditivos, é extremamente importante quantificar tais incertezas (SOIZE, 2013).

Assim, no sentido de quantificar incertezas em sistemas dinâmicos é possível destacar o trabalho de Lima e Sampaio (2017) cujo objetivo visa caracterizar, a partir de ponto de vista estatístico, a resposta do oscilador de fricção a seco a partir de uma sequência de modos adesivo e deslizante e de Cunha Jr. e Sampaio (2015) quando propõem estudar o efeito do fenômeno não linear em um sistema dinâmico composto por uma barra elástica, presa a molas e uma massa concentrada, com módulo elástico aleatório quando submetida a uma força externa distribuída de amplitude aleatória.

Todavia, a análise de vibrações em sistemas não lineares torna-se potencialmente

importante no caso de sistemas mecânicos industriais. Diante disso, Caetano (1992), Gonçalves (2004) e Ritto (2005) sugerem caracterizar a análise de um sinal no domínio da frequência por meio de sua decomposição num conjunto finito ou infinito de harmônicos de amplitude e frequência variáveis, sendo a via imediata através de sua decomposição espectral, no caso de funções periódicas, utilizando a expansão em série de Fourier.

Assim, inúmeros pesquisadores como Savi (2010) e Viana (2011), dedicam seus estudos no sentido de descrever algumas propriedades dos sistemas dinâmicos não lineares tais como: estabilidade, equilíbrio, caoticidade, etc, outros, porém, focam seus estudos no tratamento de incertezas paramétricas e não paramétricas associadas aos sistemas dinâmicos não lineares (SOIZE, 2013; CUNHA JR e SAMPAIO, 2015; LIMA e SAMPAIO, 2017).

Existem, ainda, aqueles que buscam estabelecer padrões para identificar a ocorrência do fenômeno não linear em sistemas dinâmicos, conforme se observa nos trabalhos de Caetano (1992) e Gonçalves (2004).

Diante disso, este trabalho visa, além da caracterização do fenômeno não linear a partir de parâmetros aleatórios, o estudo interessa-se, particularmente na identificação e evolução do comportamento não linear em sistemas dinâmicos não lineares. Assim, este trabalho vem corroborar com os trabalhos disponíveis na literatura científica no sentido de incorporar incertezas em sistemas dinâmicos com vistas a induzir o efeito não linear a fim de caracterizar sua evolução durante seu processo de operação ao longo do tempo.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia, inicialmente, perpassa por uma extensa pesquisa bibliográfica, especialmente, em artigos científicos, para a apropriação dos conhecimentos já disponibilizados nas literaturas especializadas (MENDONÇA, 2003).

O desenvolvimento se dará por meio de implementação de diversas rotinas computacionais e métodos numéricos de resolução de equações diferenciais, como por exemplo o Método de Newmark, como também pela implementação da FFT de um sinal periódico.

Diante disso, pressupõe-se o estreitamento da técnica de resolução de equações diferenciais e a transformada de Fourier.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fenômenos não lineares são acontecimentos correntes em vários ramos da engenharia prática, sendo o comportamento linear de tal sorte, uma exceção. Entretanto, a característica potencialmente imprevisível de um sistema não linear pode levá-lo com mais facilidade a uma falha catastrófica. Por exemplo, em construções civis, durante eventos esportivos e concertos, as construções em concreto armado podem estar sujeitas a oscilações não lineares devido ao relaxamento das articulações e ao movimento das armações.

Na indústria aeronáutica, os movimentos não lineares podem ter graves consequências sobre a vida útil de peças e componentes estruturais como fuselagens e asas. Já na indústria automobilística, os sistemas de freio e suspensão do motor, por exemplo, possuem inerentemente um comportamento não linear (GERGES, 2013).

Neste contexto, observa-se que os pesquisadores são confrontados a sistemas não lineares em um momento ou outro de sua vida profissional e devem ser capazes de reconhecê-los. A partir do momento em que uma das hipóteses de linearização não é mais válida, o sistema de equações diferenciais do movimento do sistema dinâmico passa a não ser mais válido e, a aplicação do princípio da superposição modal não é mais aplicável.

O oscilador de Duffing ilustrado na Fig. 1(a) representa o tipo de não linearidade foco deste estudo, sendo modelada por meio da equação do movimento (1), onde  $k_{nl}$  representa a rigidez não linear, podendo ser negativa ou positiva.

$$m\ddot{u}(t) + b\dot{u}(t) + k u(t) + k_{nl} u^3(t) = f(t) \quad (1)$$

A Fig. 1(b) representa as respostas do oscilador para vários valores de  $k_{nl}$ . Pode-se notar a importância de se considerar a contribuição do termo não linear, que evolui com o nível da excitação. A Fig. 1(c) mostra a contribuição da rigidez não linear sobre os níveis de excitação onde nota-se uma evolução não proporcional da resposta harmônica com relação à excitação.

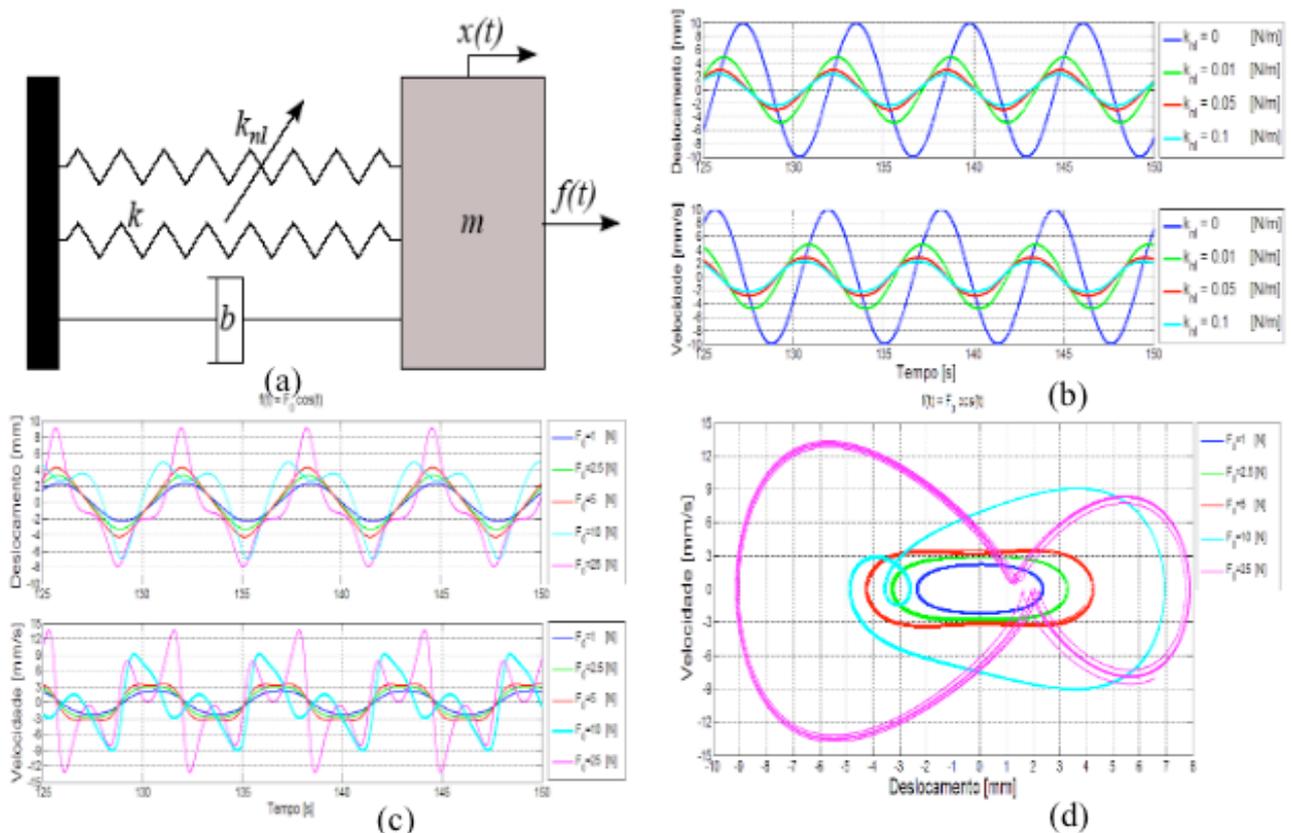


Figura 1 – (a) Oscilador de Duffing; (b) contribuição do termo  $k_{nl}$  para excitação tipo  $f(t) = \cos(t)$  [N]; (c) resposta temporal para vários níveis de excitação,  $k_{nl} = 0,1$  [N/m]; (d) diagrama de fase para  $k_{nl} = 0,1$  [N/m].

A Fig. 1(d) representa os diagramas de fase onde é observado claramente o aparecimento de um segundo harmônico a partir do nível de excitação de  $F_0=5$ N, ficando mais evidente com o aumento destes. O diagrama de fase traduz a característica periódica da solução obtida e a distorção observada está ligada ao aparecimento do segundo harmônico.

Por outro lado, Caetano (1992), Gonçalves (2004) e Ritto (2005), afirmam que análise de um sinal pode processar-se no domínio da frequência por meio de sua decomposição num conjunto finito ou infinito de harmônicos de amplitude e frequência variáveis. A via mais imediata de proceder tal decomposição, no caso de funções periódicas, consiste na utilização da expansão em série de Fourier, definida como segue:

$$x(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) + b_n \sin\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) \quad (2)$$

sendo  $a_0 = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) dt$ ,  $a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) \cos(2\pi n t/T) dt$  e  $b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) \sin(2\pi n t/T) dt$ ,

em que  $a_n$  e  $b_n$  são ilustrados na Fig. 2 e, representam a composição de  $x(t)$  em termos dos harmônicos em  $\omega_n = 2\pi n/T$ , com  $n=1,2,3,\dots$ .

De acordo com Caetano (1992) para representar um sinal periódico é necessário combinar uma ou mais funções periódicas, conforme a Eq. (2), afetando assim, a condição de linearidade da aproximação. Portanto, tal combinação se apresenta na transformada de Fourier por meio de diversos harmônicos com o objetivo de representar os coeficientes  $a_n$  e  $b_n$ .

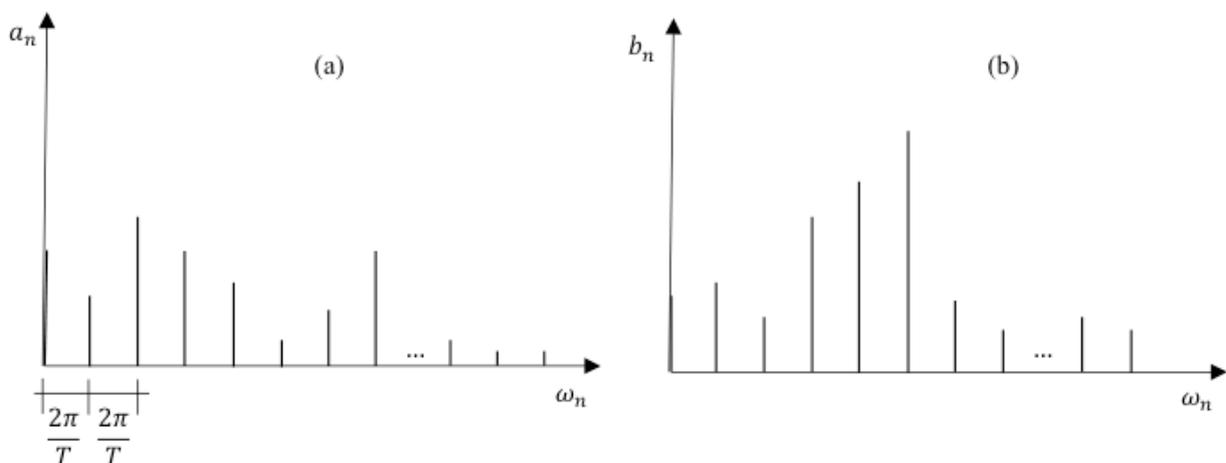


Figura 2–Representação dos termos (a)  $a_n$  e (b)  $b_n$ . (Adaptado de Caetano (1992))

Diante disso, é possível identificar o fenômeno não linear através da análise dos harmônicos presentes no sinal. Nesse sentido, Souza (2008) utiliza, dentre outras, a

técnica da Transformada Rápida de Fourier (*Fast Fourier Transform* - FFT) para identificar e caracterizar não linearidades em sistemas dinâmicos.

Assim, a título de ilustração, a Fig. 3 mostra a amplitude das funções de resposta em frequência normalizadas do modelo de Duffing obtidas a partir da FFT do sinal do deslocamento para diferentes valores de rigidez não linear e amplitude de excitação igual a 50N. Nota-se a presença de harmônicos à medida que o efeito não linear se torna mais presente, sob as mesmas condições iniciais.

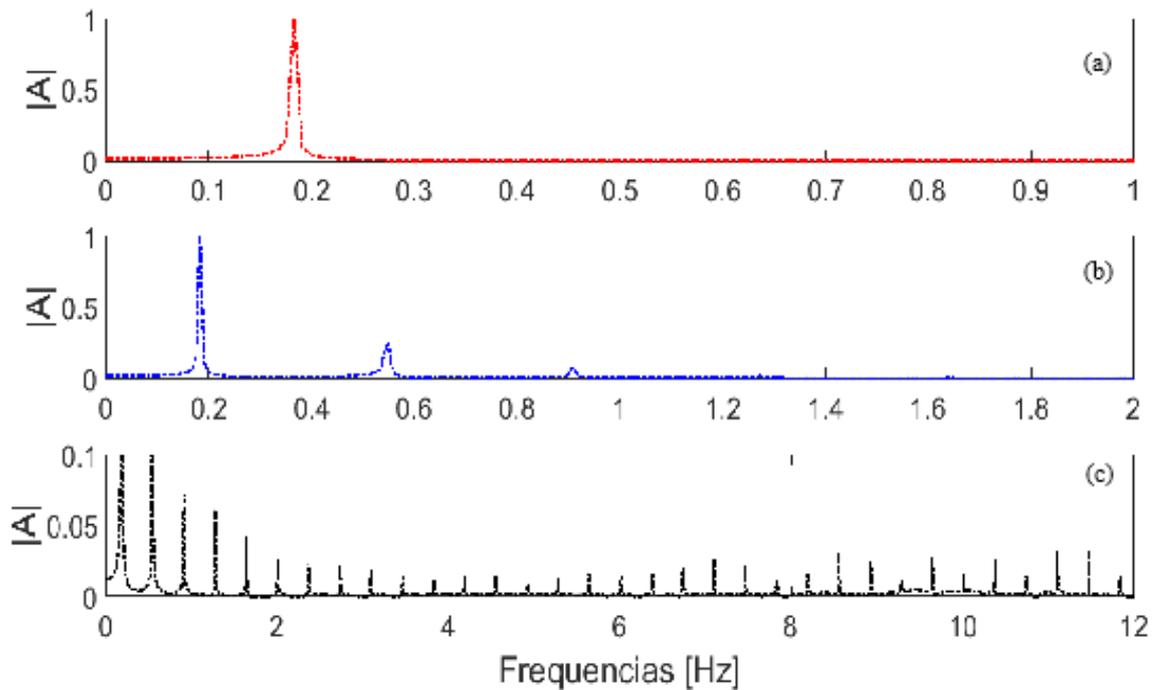


Figura 3 – FFT do sinal do deslocamento para o modelo de Duffing: (a)  $k_{nl} = 0 \text{ N/m}$  ;

(b)  $k_{nl} = 10^{01} \text{ N/m}$  ; (c)  $k_{nl} = 10^6 \text{ N/m}$

O modelo de Duffing, Fig. 2, apresenta resposta dinâmica levando-se em conta o fator de não linearidade cúbica incorporado, bem como o efeito não linear advindo da excitação externa aplicada ao sistema mecânico, conforme ilustra a Fig. 2 (b,c). Analisando conjuntamente as Figs. 2 e 3, observa-se a partir da Fig. 3(a)  $k_{nl} = 0 \text{ N/m}$ , um pico de amplitude de sinal da FFT, predominado, dessa forma, o comportamento linear no sistema não linear.

Nessa mesma perspectiva de análise a Fig. 3(b) evidencia a presença de pelo menos três harmônicos distintos (3 picos), caracterizando assim um comportamento não linear no sistema, isto já sendo esperado conforme ilustrado na Fig. 2(c,d). Finalmente, na Fig. 3(c), quando se considera um alto fator de rigidez à contribuição não linear, observa-se o surgimento de inúmeros harmônicos ilustrando, fortemente, o comportamento não linear no sistema não linear.

Observa-se ainda, que em baixos valores de rigidez não linear, o sistema apresenta comportamento não linear, conforme o tipo e o nível de excitação externa.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Convém salientar que este trabalho se encontra em fase preliminar de estudo. Assim, apresenta-se, apenas, os resultados parciais, relacionados ao modelo determinístico aplicado a um típico sistema mecânico de um grau de liberdade incorporando um tipo de não linearidade induzida de terceiro grau.

Segundo Souza (2008) para identificar a presença do efeito não linear em um sistema dinâmico por meio da FFT é necessário que a resposta obtida via transformada demonstre a existência de diferentes harmônicos em uma faixa de frequência de interesse, ou a presença de harmônico distorcido, equivalendo a existência de diferentes harmônicos em uma pequena vizinhança de uma frequência específica.

A partir dos resultados obtidos, observa-se que a metodologia proposta para identificar a presença do fenômeno não linear incorporado ao sistema apresentou-se de forma satisfatória e eficiente (no sentido de identificação da presença de não linearidade a partir da análise a posteriori da resposta do sinal da equação de estado).

Contudo, uma demanda maior de análise e aprimoramento do método deve ser, ainda, desenvolvida, para a questão da caracterização do nível de não linearidade incorporada ao sistema.

De forma geral, existem sistemas não lineares que exibem o efeito não linear tão suaves que estes podem ser transformados em sistemas lineares sem, contudo, perderem suas características. Quando isso não é possível, é fundamental utilizar um modelo não-linear para representar a dinâmica do sistema.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Goiás pelo acolhimento da proposta de pesquisa e disponibilidade de recursos, ao Laboratório de Mecânica de Estruturas (LMEst) da Universidade Federal de Uberlândia, por disponibilizar recursos e equipamentos para desenvolvimento de parte da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ALLIGOOD, K.; SAUER, T.; YORKE, J. A. **Chaos: an introduction to dynamical systems**. 1. ed. New York: Springer Verlag, 1997.

CAETANO, E. D. S. **Identificação Experimental de Parâmetros Dinâmicos em Sistemas Estruturais**. Universidade do Porto. Porto, Portugal, p. 234. 1992.

CUNHA JR, A.; SAMPAIO, R. **On the nonlinear stochastic dynamics of a continuous system with discrete attached elements**. Elsevier - Applied Mathematical Modelling, v. 39, n. 2, p. 809-819, 2015.

GERGES, Y. **Méthodes de reduction de modèles en vibroacoustique non-linéaire**. Besançon: [s.n.], 2013.

GONÇALVES, L. A. **Um Estudo sobre a Transformada Rápida de Fourier e seu uso em Processamento de Imagens**. URGs-Instituto de Matemática. Porto Alegre. 2004.

LIMA, R.; SAMPAIO, R. **Construction of a statistical model for the dynamics of a base-driven stick-slip oscillator**. Elsevier - Mechanical Systems and Signal Processing, p. 157–166, 2017.

MENDONÇA, A. F. D. E. A. **Metodologia científica: guia para elaboração e apresentação de trabalhos acadêmicos**. Goiânia : Faculdades Alves Faria, 2003.

RITTO, T. G. **Análise de Vibrações de Sistemas Lineares e Não-Lineares no Contexto da Formulação Fraca, Análise Modal e Decomposição de Karhunen-Loève**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2005.

SAVI, M. A.. **Introdução à Dinâmica Não-linear e Caos**. 1. ed. Rio de Janeiro: E-papers, 2010.

SOIZE, C. **Stochastic modeling of uncertainties in computational structural dynamics - recent theoretical advances**. Journal of Sound and Vibration, v. 332, p. 2379-2395, 2013.

SOUZA, M. G. D. **Identificação e caracterização de não-linearidades em dinâmica estrutural**. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2008.

VIANA, R. L. **Introdução à Dinâmica Não-Linear e Caos**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p. 269. 2011.

WIGGINS, S. **Introduction to applied nonlinear dynamical systems and chaos**. 1. ed. New York: Springer Verlag, 1990.

WORDEN, K.; TOMLINSON, G. **Nonlinearity in structural dynamic: detection, identification, and modeling**. [S.l.]: Taylor & Francis, 2001.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Alcalinidade 141, 142, 143, 144, 148, 149, 150, 151, 152  
Análise dinâmica 95  
Análise numérica 103, 104, 114, 116, 118

### B

Biodiesel 142, 144, 147, 149, 150, 151, 152, 189

### C

Captura de movimento 10, 58, 59  
Cogeração 154, 159, 160  
Combustão interna 1, 2, 3, 68, 73, 124, 125, 126, 127, 132, 135, 138  
Controlador 119, 120, 122, 123  
Corantes 176, 179, 213, 220

### D

Demanda energética 1, 2, 4, 6, 127  
Discretização 78, 79, 80, 81, 93

### E

Eficiência energética 40, 42, 44, 45, 46, 48, 50, 55, 124, 154, 158, 159, 160  
Eletr deposição 14, 15, 16, 20, 24, 27  
Emissões de gases 127, 154  
Energias renováveis 14, 26  
Ensaio 162, 164, 165, 170, 172, 173, 195, 196, 208, 210, 269  
Equação Diferenciais 95  
Extensão da Vida Útil 28

### F

Figuras planas 78, 80, 93  
Fluido magneto reológico 103, 104, 105, 107, 109, 110, 113  
fluidos 37, 54, 103, 107, 108, 135, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 152, 153  
Fluidos 104, 108, 142, 153  
Fluido Visco Plástico 103  
Fotocatálise 176, 179, 186, 212, 213, 219

### G

Gases de exaustão 124, 127, 133, 135, 136  
Gases de Exaustão 134  
Gerador termoelétrico 124, 128  
Grandezas monitoradas 28, 34, 35

## I

IEC 61850 28, 30, 37, 38

Impacto 3

IMU 58, 59, 60

Infraestrutura 1, 2, 3, 7, 11, 12, 42, 43, 44, 45, 48, 52, 59

Injeção eletrônica 67, 68, 69, 71, 76, 77

## M

Matemática intervalar 67, 68, 70, 72, 73, 74, 75, 76

Materiais compósitos 162, 163, 170, 171, 175

Mecânica 9, 78, 94, 101, 103, 118, 124, 141, 175, 279

Método de Newmark 95, 97

Motor 2, 3, 36, 37, 58, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 98, 124, 125, 126, 127, 129, 132, 133, 135, 138

## N

Não linearidades 95, 100

## O

Óxido de cobre 14, 20, 25

Óxido de titânio 14, 20

## P

Paralisia cerebral 10, 58, 59

Perfuração 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153

Perfuração 11, 141, 153

Peso 162, 163, 164, 165, 166, 169, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 180, 266, 276, 277

PID 119, 120, 122, 123

Pistão MR 103, 110

Potência 8, 10, 28, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 46, 50, 51, 124, 126, 127, 131, 133, 136, 137, 138, 205

Precisão 20, 46, 65, 67, 71, 73, 74

Propriedades geométricas 78, 79, 80, 81, 84, 93, 134

## S

Semicondutores 14, 15, 26, 124, 129, 134, 135, 136, 176, 179, 184, 187, 213

Sensor inercial 58

Suspensão coloidal 103

Suspensão Coloidal 103

## T

Transformadores 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39

## V

Veículo Elétrico 2, 3, 12, 13

Vibração 35, 108, 109, 119, 120, 123

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**