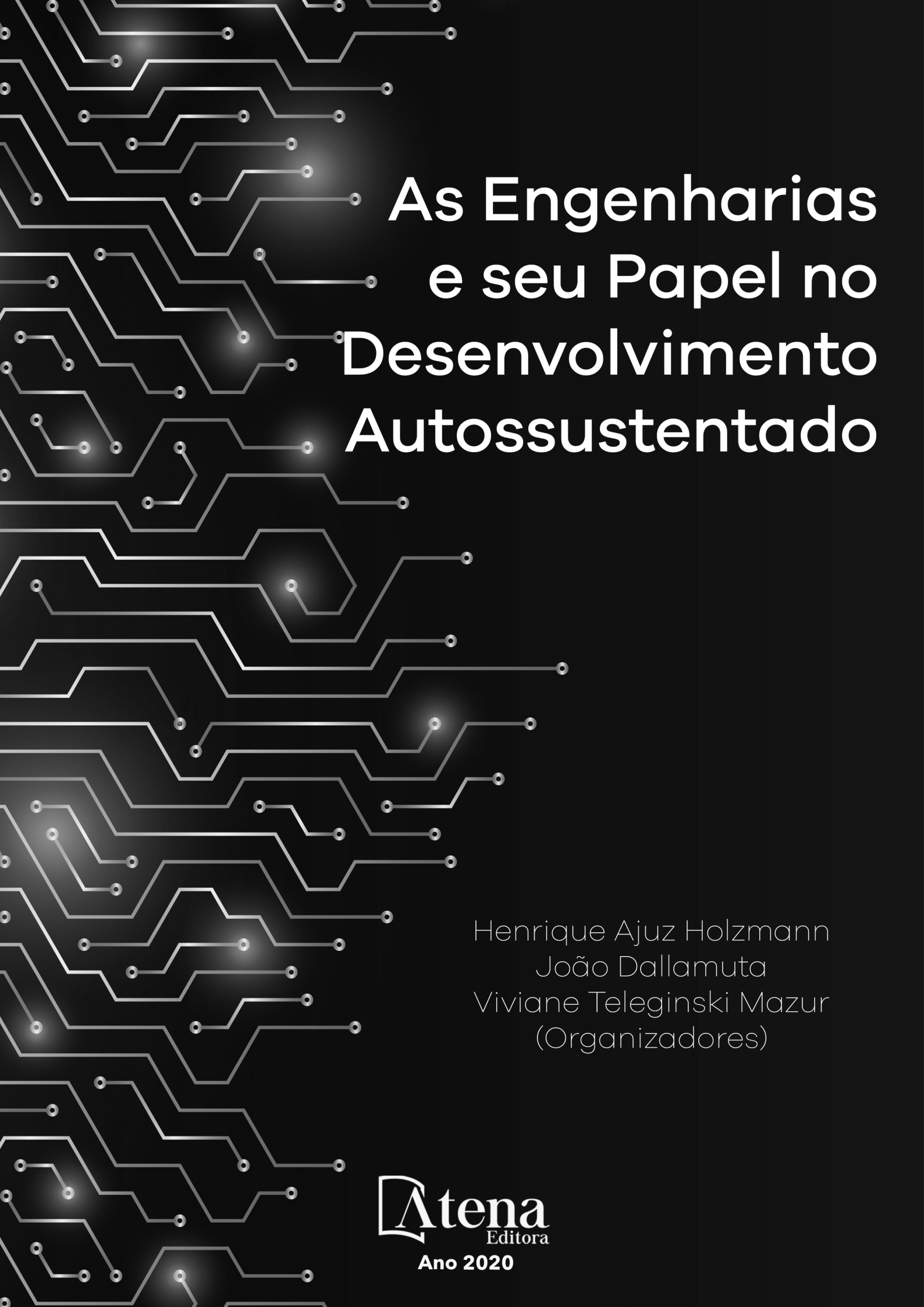


As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado

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^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

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

Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a 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^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a 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^a 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^a Dr^a 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^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a 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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
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>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
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

CAPÍTULO 1	1
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	
CAPÍTULO 2	14
ELETRODEPOSIÇÃO DE SEMICONDUTORES PARA APLICAÇÃO EM ENERGIA RENOVÁVEL	
Victor Rocha Grecco DOI 10.22533/at.ed.4662030062	
CAPÍTULO 3	28
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	
CAPÍTULO 4	40
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	
CAPÍTULO 5	58
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	
CAPÍTULO 6	67
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	
CAPÍTULO 7	78
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	

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

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

CAPÍTULO 21 239

ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE ACESSÓRIOS VOLTADOS PARA O VESTUÁRIO UTILIZANDO COMO MATÉRIA-PRIMA O COURO DE KOMBUCHA

Caroline Schuch Klein
Ana Beatriz Pires da Silva
Ronaldo Salvador Vasques
Luciane do Prado Carneiro
Fabrício de Souza Fortunato

DOI 10.22533/at.ed.46620300621

CAPÍTULO 22 247

PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL APLICADO AO PRÉ-TRATAMENTO DA BATATA DOCE COM ÁCIDO CÍTRICO E À SECAGEM PARA AVALIAÇÃO DA COR

Tamires Barlati Vieira da Silva
Ana Paula da Silva Sbrunhera
Priscila Dayane de Freitas Santos
Thaysa Fernandes Moya Moreira
Anielle de Oliveira
Fernanda Vitória Leimann Bogdan
Demczuk Junior

DOI 10.22533/at.ed.46620300622

CAPÍTULO 23 259

CARACTERIZAÇÃO DE MEL E HIDROMEL ATRAVÉS DE CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA

Marcello Lima Bertuci
Lígia Boarin Alcalde
Sílvia Maria Martelli
Évelin Marinho de Oliveira
Angela Dulce Cavenaghi Altemio

DOI 10.22533/at.ed.46620300623

CAPÍTULO 24 265

ESTUDO DA PRODUÇÃO DE PRODUTOS DE EXTRATOS ALCOÓLICOS CONCENTRADOS E DE ÁLCOOL GEL A PARTIR DE DESCARTES DE BEBIDAS ALCOÓLICAS

Pierre Correa Martins
Gabriel Alexandre Clemente
Pedro Passador Bittencourt de Sá
João Alves de Medeiros Neto
Heloísa Barbosa de Oliveira
Lara Patrício Ferreira
Daniel Felipe Lima Soares
Nilmara Beatriz Sousa de Oliveira
Raquel de Medeiros Neto
Thayze Rodrigues Bezerra Pessoa
Joselma Araújo de Amorim
Vital de Souza Queiróz

DOI 10.22533/at.ed.46620300624

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 279

ÍNDICE REMISSIVO 280

CALCULANDO SENSORES LAMBDA, TPS E MAP COM EXATIDÃO MÁXIMA

Data de aceite: 19/06/2020
Data de Submissão: 06/03/2020

Robson Eduardo dos Anjos Schneider

Universidade Federal de Santa Maria/UFSM,
Campus Cachoeira do Sul/CS
Cachoeira do Sul -RS
<http://lattes.cnpq.br/7481159631826210>

Aline Brum Loreto

Universidade Federal de Santa Maria/UFSM,
Campus Cachoeira do Sul/CS
Cachoeira do Sul- RS
<http://lattes.cnpq.br/5322246152490489>

Eduardo Rorato Guarienti

Universidade Federal de Santa Maria/UFSM,
Campus Cachoeira do Sul/CS
Cachoeira do Sul- RS
<http://lattes.cnpq.br/2333384654997909>

Matheus Brondani de Vargas

Universidade Federal de Santa Maria/UFSM,
Campus Cachoeira do Sul/CS
Cachoeira do Sul- RS
<http://lattes.cnpq.br/4496896343829474>

RESUMO: O presente trabalho consiste em aplicar a matemática intervalar nos cálculos operacionais dos sensores Lambda, TPS e MAP do sistema de injeção eletrônica de combustível de um automóvel, tendo como objetivo obter resultados mais precisos para

seu funcionamento, possibilitando melhorar a performance do veículo, otimizando o consumo de combustível e gerando menos poluentes.

PALAVRAS-CHAVE: injeção eletrônica, matemática intervalar, precisão.

CALCULATING LAMBDA, TPS AND MAP SENSORS WITH MAXIMUM ACCURACY

ABSTRACT: The present work consists of applying interval mathematics in the operational calculations of the Lambda, TPS and MAP sensors of a car's electronic fuel injection system, with the objective of obtaining more accurate results for its operation, making it possible to improve the performance of the vehicle, optimizing the fuel consumption and generating less pollutants.

KEYWORDS: electronic injection, interval mathematics, precision.

1 | INTRODUÇÃO

A injeção eletrônica consiste em um aparelho eletrônico capaz de dosar ao motor a quantidade necessária de ar-combustível para que o mesmo funcione perfeitamente. Para o funcionamento correto de um motor com este sistema, é necessária a utilização

de vários componentes, o principal é a Unidade Central Eletrônica (ECU), onde se tem dados do veículo e seus parâmetros de ajuste de fábrica, além de realizar os cálculos de tempo de injeção (DENTON, 2004). Porém, ao representar dados numéricos no sistema de ponto flutuante, estes são aproximados para um subconjunto finito dos números reais. Através desta aproximação, erros são gerados pela impossibilidade da máquina de representar todos os valores reais com toda a sua exatidão (RATSCHEK, 1988). Erros numéricos gerados pela ECU podem aumentar o nível de poluentes, superaquecer o motor ou provocar consumo excessivo de combustível, por exemplo. Um modo de contornar estes problemas recorrentes a perda de informações ao representar um valor real no sistema de ponto flutuante, é utilizar-se da aritmética intervalar (MOORE, 1966).

Nesta forma de representação numérica, os valores pontuais são representados por um intervalo X que os contenha. Todo erro originado para tratamento dos valores como o arredondamento e truncamento, para adequar o valor pontual a ser representado pela máquina, são tratados pela aritmética intervalar e pelos arredondamentos direcionados (MOORE, 1966).

Com este trabalho, propõe-se abordar com matemática intervalar os cálculos operacionais de três importantes sensores do sistema de injeção eletrônica: o sensor de oxigênio (também conhecido como sensor Lambda), o sensor de posição da borboleta (sensor TPS) e o sensor de pressão absoluta no coletor de admissão (sensor MAP). O objetivo da utilização da matemática intervalar é obter um melhor rendimento para o funcionamento da injeção eletrônica, pois a solução intervalar fornece resultados mais exatos e confiáveis que a solução real.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A presente seção descreve brevemente conceitos e fundamentos essenciais para o entendimento e execução do presente artigo.

2.1 Mistura por Injeção Eletrônica

Os dois métodos de mistura mais utilizados em motores de combustão interna são o carburador e o sistema de injeção de combustível. A grande diferença entre estes dois métodos está no seu princípio de funcionamento, uma vez que o carburador mistura mecanicamente o combustível com o ar, enquanto a injeção pulveriza combustível diretamente para a câmara de combustão ou para o coletor de admissão onde se efetua a mistura de ar com combustível (PROTÁSIO, 2012).

Os injetores funcionam com o auxílio de uma bomba de combustível, a qual mantém o combustível a pressão elevada. O injetor comum, eletronicamente ativado, debita combustível conforme o sinal elétrico que recebe, funcionando como uma “porta” que abre quando passa corrente e fecha quando a corrente para. Portanto um injetor está constantemente sendo “ligado e desligado”, aberto e fechado. Os injetores, conforme a geometria da sua “porta” podem disparar sob a forma de *spray*, aproximadamente atomizada de fácil vaporização, ou

sob a forma de jato que pode ser apontado para uma zona quente, como a cabeça da válvula de admissão ajudando a evaporar a gasolina injetada (TEIXEIRA, 2012).

2.2 Injeção Eletrônica

A injeção eletrônica é um sistema de alimentação de combustível.

“A injeção eletrônica é uma das grandes inovações tecnológicas do automóvel. Surgiu na década de 1980 e foi aperfeiçoada na década de 1990. A injeção veio para substituir o carburador e agregar mais eficiência ao motor, principalmente, quanto às emissões gasosas pelo escapamento. Como ocorria com o carburador, a função deste equipamento é fazer a mistura de ar e combustível, só que nos modernos sistemas isso é feito de maneira extremamente precisa. Quem determina quando, quanto e por quanto tempo as válvulas de injeção abrem é um computador, mas ele faz isso baseado em informações colhidas por sensores e transformadas em sinal elétrico, para chegarem ao computador. A quantidade de combustível deixado entrar irá se juntar ao ar que o motor está admitindo, momento em que se forma a mistura ar/combustível” (FIGUEIREDO, 2004).

O sistema de injeção eletrônica é eficaz pelo fato de seu controle de mistura ar/combustível ser mais preciso. Seu funcionamento é baseado na coleta das condições do motor, feita por sensores e enviadas ao módulo de injeção eletrônica (ECU), através dessas informações, será feito cálculos, correções e posteriormente controlada por atuadores. O combustível é injetado por uma eletroválvula chamada bico injetor, que é presa a uma linha pressurizada por uma bomba de combustível e controlada por um regulador de pressão (AIRD, 1982).

2.3 Sensores

Sensores são dispositivos que trabalham com medidas de grandezas físicas, convertendo-as em sinal elétrico, para que estes possam ser interpretados por sistemas eletrônicos e micro controladores (TEIXEIRA, 2012). Eles estão instalados em pontos estratégicos do motor e tem como finalidade coletar sinais para que a ECU possa analisar e decidir qual estratégia seguir.

Os principais sensores utilizados pela central de um automóvel são (TEIXEIRA, 2012):

- TPS (Throttle Position Sensor) - Este sensor informa a porcentagem do quanto foi pressionado o pedal do acelerador.
- CTS (Coolant Temperature Sensor) - Informa à ECU a temperatura da água do radiador que é muito parecida com a temperatura do motor. Quanto menor for a temperatura, maior a necessidade de combustível para o motor.
- ATS (Air Temperature Sensor) - Informa à ECU a temperatura do ar que entra no motor, assim determinando a quantidade de combustível adequado para uma combustão eficiente.
- MAP (Manifold Absolute Pressure) - Responsável por informar a pressão formada dentro do coletor de admissão, entre a borboleta e o motor.
- Sensor de Rotação - Informa para a ECU a rotação do motor e, na maioria dos sistemas, a posição dos pistões, para a ECU definir a hora certa para a injeção de

combustível e ignição.

- Sonda Lambda ou Sensor de Oxigênio - Este sensor fica alojado no escapamento. Ele informa à ECU sobre a presença de oxigênio nos gases resultantes da combustão. É responsável pela dosagem correta do combustível a ser injetado, pois tem a função de enviar a informação da quantidade de oxigênio que resulta nos gases de escape e é em função desta informação que a ECU libera a quantidade de combustível correta. Em automóveis que funcionam com mais de um combustível (álcool/gasolina) a ECU consegue identificar o combustível utilizado, ou a porcentagem de cada um deles, através do sinal deste sensor.

O presente trabalho considera os sensores Lambda, TPS e MAP a serem calculados com exatidão máxima através da matemática intervalar (MOORE, 1966). Os demais sensores CTS, ATS e de Rotação serão futuramente estudados e aplicados na Teoria Intervalar (MOORE, 1966).

2.4 Matemática Intervalar

A Matemática Intervalar é uma teoria matemática introduzida na década de 1960 que tem como objetivo fundamental o tratamento automático dos erros em Computação Científica (RATSCHEK, 1988). Nesta abordagem, os valores reais, também conhecidos como pontuais, são armazenados através de intervalos, cujos extremos são pontos flutuantes.

A aritmética intervalar utiliza intervalos reais para representar valores infinitos, valores desconhecidos ou para representar valores contínuos que podem ser conhecidos ou não. Os intervalos servem para representar dados inexatos, aproximações e erros de truncamento de procedimentos (RATSCHEK, 1988).

Na matemática intervalar, o valor real x é aproximado por um intervalo \mathbf{x} , que possui como limites inferior e superior números de máquina de forma que o intervalo contenha x . O tamanho deste intervalo pode ser usado como medida para avaliar a qualidade de aproximação (RATSCHEK, 1988). Os cálculos reais são substituídos por cálculos que utilizam a aritmética intervalar (MOORE, 1966).

Os intervalos encapsulam os dados reais considerando o erro máximo que pode ter ocorrido. Os erros (de arredondamento e/ou truncamento) que surgem posteriormente e que se propagam em todo processo computacional são tratados pela aritmética intervalar e pelos arredondamentos direcionados, que, pelo princípio da máxima exatidão, garantem o controle rigoroso dos erros nos resultados de computações numéricas. Assim, ao final do processo matemático-computacional, tem-se uma estimativa da influência dos erros de entrada no resultado final obtido. Esta é uma análise automática, indicada pelo diâmetro do resultado intervalar final.

É importante ressaltar que existem questões do tipo: “Por que utilizar técnicas intervalares se existem na maioria dos sistemas de computadores bibliotecas matemáticas avançadas e eficientes, que resolvem a maioria dos problemas?”.

A justificativa do uso de técnicas intervalares, inicia pelo fato de que os computadores empregam aritméticas chamadas de ponto flutuante ou ponto fixo. Nestas aritméticas, números reais são aproximados para um subconjunto finito de números reais chamados

números de máquina representáveis. Devido esta representação são gerados alguns tipos de erros. O primeiro tipo de erro ocorre quando um valor real de entrada é aproximado para um número de máquina. O segundo tipo de erro é causado pelos resultados intermediários gerados na execução de cada operação e que vão se acumulando. Existe ainda um outro tipo de erro que está relacionado com a incerteza dos dados de entrada, o que acontece muito no caso de experimentos físicos e químicos onde os dados de entrada são incertos (RATSCHEK, 1988).

No processo de resolução de problemas podem ser constatadas algumas fontes de erros: erros de propagação nos dados iniciais, erros de arredondamento e erros de truncamento, causados ao se trunchar sequências infinitas de operações aritméticas, após um número finito de etapas. Neste contexto percebe-se a importância de técnicas intervalares. Ressalta-se que uma resposta intervalar carrega com ela a garantia de sua incerteza. Um valor pontual não carrega medidas de sua incerteza. Mesmo quando uma análise de sondagem do erro é executada, o número resultante é somente uma estimativa do erro que pode estar presente.

São muitas as aplicações de intervalos e nas mais diversas áreas, tais como: programação matemática, manipulação de equações, análise e projeto de circuitos elétricos, psicologia matemática, estatística, equações diferenciais, física e muitos outros (KREINOVICH, 1996).

Salienta-se que na literatura pesquisada não encontrou-se a teoria intervalar aplicada a solução de problemas que envolvem sensores e injeção eletrônica de motores.

3 | DESENVOLVIMENTO

Para fazer a abordagem intervalar aos cálculos dos sensores da injeção eletrônica, foram escolhidos primeiramente os sensores Lambda, TPS e MAP pois, estes são os sensores mais importantes para o funcionamento do sistema de injeção eletrônica (DENTON, 2004).

O sensor MAP tem um papel significativo nos sistemas de gerenciamento de motor já que ele informa a ECU com qual carga o motor está trabalhando e calcula a melhor quantidade de combustível para a determinada massa de ar, enquanto o sensor TPS é utilizado para definir a posição do acelerador, e com isso a ECU identifica em qual regime está o motor, marcha lenta (acelerador em posição de descanso), plena carga (acelerador em final de curso) ou aceleração rápida. A sonda Lambda gera um sinal elétrico para que a ECU possa definir a quantidade de combustível a ser injetado, garantindo uma mistura ar/combustível ideal (BOSCH, 2016).

A seguir descreve-se os sensores Lambda, TPS e MAP, as respectivas equações, os cálculos considerando dados reais e, com a representação dos dados de entrada pontuais em intervalos com uma precisão $\delta=0,00001$, os intervalos solução para cada sensor.

3.1 Sensor Lambda

Para que a ECU possa fazer correções no tempo de injeção é necessário verificar em qual estado encontra-se a mistura ar/combustível, para isto é utilizado o sensor que mede os níveis de oxigênio nos gases de escape, que também recebe o nome de sonda lambda.

Para se queimar uma massa de 14,7 kg de ar, é necessário 1 kg de gasolina. Quando a relação da mistura é ideal, recebe o nome de relação estequiométrica. Caso essa mistura esteja fora do especificado, se diz que a mesma está pobre ou rica (FERRARI, 2007). Para identificar se uma mistura é rica, pobre ou ideal é necessário calcular o valor do Fator Lambda, representado pelo símbolo λ , que assume um valor que é definido por (1):

$$\lambda = \frac{\text{relação ar/combustível}}{\text{relação estequiométrica}} \quad (1)$$

O valor $\lambda = 1$ é uma indicação de que a mistura ar/combustível é ideal. Se $\lambda < 1$, a mistura é considerada rica, pois haverá sobra de combustível resultando em um elevado consumo de combustível e maior emissão de poluentes. Em caso de $\lambda > 1$, onde se tem mais ar do que combustível, a mistura é dita pobre e resultará em um superaquecimento do motor.

Através da matemática intervalar, foi calculado o coeficiente λ da sonda lambda com o objetivo de controlar a propagação de erros nos cálculos executados pela sonda. Considerando que a relação combustível/ar ideal é de 1g de gasolina para cada 14,7g de ar, e, se estimarmos que a mistura real queima 15g de gasolina, temos que

$$\lambda = \frac{15g}{14,7g} = 1,020408163,$$

uma mistura considerada “pobre” pela ECU. Porém, para esta estimativa podemos calcular com exatidão máxima através da matemática intervalar considerando uma representação de $\delta = 0,00001$ para os valores reais da mistura real e mistura ideal, obtém-se como resultado o Lambda Intervalar $\lambda_I = [1,020406789; 1,020409538]$.

3.2 Sensor TPS

O sensor de posição de borboleta tem como função informar a unidade de comando sobre a posição angular em que a borboleta de aceleração se encontra. Conforme a angulação da borboleta mais ou menos ar é admitido para dentro do motor, possibilitando saber a que carga o motor está trabalhando, assim podendo definir o avanço ou atraso da ignição (FERRARI, 2007). Basicamente é um potenciômetro linear. Assim com o movimento de abertura da borboleta, altera-se a posição do curso sobre uma trilha. O funcionamento do sensor TPS é regido por (2):

$$V_0 = V_s * \left(\frac{\theta_i}{\theta_t}\right) \quad (2)$$

onde V_0 é a tensão de saída, V_s é a tensão de alimentação, θ_i é o ângulo do potenciômetro e θ_t é o ângulo máximo do potenciômetro. As tensões são medidas em volts e os ângulos em graus ou radianos. A tensão de alimentação V_s é tabelada e vale 5V. O ângulo máximo do potenciômetro é de 24°. No sensor de posição de borboleta, o sinal de referência varia de 0 a 5 volts, sendo 0 fechado e 5 totalmente aberto.

Para o cálculo efetuado, estimou-se uma angulação de 22° para a posição da borboleta. Portanto, de acordo com (2), temos que

$$V_0 = 5 * \left(\frac{22}{24}\right) = 4,58333333 \text{ Volts.}$$

Calculando com exatidão máxima através da matemática intervalar e considerando uma precisão de $\delta = 0,00001$, obtém-se como resultado o TPS Intervalar, $\text{TPSI} = [4,583320173; 4,583346492]$ Volts.

3.3 Sensor MAP

O sensor de pressão absoluta do coletor de admissão, também chamado de sensor MAP, tem por função informar a unidade de comando sobre as variáveis da pressão do coletor de admissão, pressão essa chamada de absoluta uma vez que se considera a pressão atmosférica (1 BAR ao nível do mar - aproximadamente). No sistema de injeção este sensor tem uma papel fundamental, pois é responsável pela indicação da carga do motor. Com isso, a unidade de comando pode determinar o avanço ideal da centelha, substituindo o antigo avanço automático a vácuo do distribuidor.

Atualmente, sensores MAP fazem parte dos sistemas de controle de motores de combustão interna e medem o vácuo no duto de admissão. Quando o motor realiza um ciclo de admissão, um dado cilindro gera uma redução de pressão no duto de admissão para receber a mistura ar-combustível. A pressão nesse duto é informada à ECU que então calcula a vazão mássica de ar (MAF) através da (3):

$$MAF = \frac{(RPM * MAP * volume * MM)}{IAT * R} \quad (3)$$

onde:

MAF = vazão mássica de ar [g/min]

RPM = rotação do motor [min^{-1}]

MAP = pressão absoluta no coletor de admissão [kPa]

volume = volume do cilindro multiplicado pelo número de cilindros [L]

MM = massa molecular do ar (aproximadamente 28,97 g/mol)

R = constante dos gases perfeitos (aproximadamente $8,314416 \text{ J}^*(\text{mol}^*\text{K})^{-1}$)

IAT = temperatura da mistura ar-combustível admitida [K].

Para os cálculos efetuados dos sensores Lambda, TPS, MAP adotados no presente trabalho foram usados os dados obtidos através do sistema OBD (*on-board diagnostic*) de um veículo Chevrolet Suburban ano 1999, movido a gasolina, equipado com um motor de 5733cc de cilindrada e eficiência volumétrica de 34%. A temperatura para a mistura ar-combustível admitida era de $27,372^\circ\text{C}$ ($300,372\text{K}$). Os dados do sistema ODB foram coletados com o veículo funcionando em marcha lenta, com rotação do motor de, aproximadamente, 2131 RPM e fluxo de massa de ar igual a 64,64 g/s ou 3878,4 g/min.

O resultado da pressão absoluta no coletor de admissão utilizando a matemática pontual resultou em MAP = 80,95768423 kPa.

Calculando com exatidão máxima através da matemática intervalar considerando uma representação de $\delta = 0,00001$, obtém-se como resultado um MAP intervalar = [80,94178988; 80,95809855] kPa.

4 | DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A fim de calcular com maior exatidão os valores obtidos pelos sensores, consideramos os intervalos com uma precisão de $\delta=0,00001$ na representação dos valores reais em intervalos. Na Tabela 1 encontram-se os resultados reais e intervalares obtidos para cada sensor.

Sensores	Valor Real	Valor Intervalar
Lambda	1,020408163	[1,020406789; 1,020409538]
TPS	4,583333333	[4,583320173; 4,583346492]
MAP	80,95768423	[80,94178988; 80,95809855]

Tabela 1. Resultados do Valor Real e Intervalar

Para verificar a qualidade do intervalo solução usualmente utiliza-se duas medidas de erros (RATSCHEK, 1988), sendo elas:

-Erro Absoluto:

$$EA = |x - m(X)| < w(X)/2,$$

onde $m(X)$ é o ponto médio do intervalo X e $w(X) = |x_{\text{máx}} - x_{\text{mín}}|$ é o diâmetro do intervalo X , $x_{\text{máx}}$ é o extremo superior do intervalo e o $x_{\text{mín}}$, o extremo inferior do intervalo.

-Erro Relativo:

$ER = |(x - m(X)) / x| \leq (w(X)) / (2 \min|X|)$ se $0 \notin X$, onde $|X| = \{ |X| : x \in X \}$ e $\min|X|$ é o extremo inferior do intervalo X .

A Tabela 2 apresenta o Erro Absoluto para os sensores Lambda, TPS e MAP. Salienta-se que o erro é calculado com base nos valores reais e intervalares (através do ponto médio e diâmetro dos intervalos) da Tabela 1.

Sensores	Erro Absoluto
Lambda	$5 \times 10^{-10} < 1,3745 \times 10^{-6}$
TPS	$5 \times 10^{-10} < 1,31595 \times 10^{-5}$
MAP	$7,740015 \times 10^{-3} < 8,1543355 \times 10^{-3}$

Tabela 2. Resultado do Erro Absoluto

Verifica-se que os intervalos solução da Tabela 1 encapsulam os valores reais dos sensores, e através do Erro Absoluto constata-se diferença na 10^a casa decimal, resultado importante o qual ratifica que os intervalos possuem qualidade de representação do valor real.

Na Tabela 3 encontram-se os Erros Relativos dos sensores, calculados a partir dos respectivos Erros Absoluto em relação ao valor real conforme a Tabela 1.

Sensor	Erro Relativo
Lambda	$4,9 \times 10^{-10} \leq 1,34701181 \times 10^{-6}$
TPS	$1,090909 \times 10^{-10} \leq 2,87117188 \times 10^{-6}$
MAP	$9,56056868 \times 10^{-5} \leq 1,00743201 \times 10^{-4}$

Tabela 3. Resultado do Erro Relativo

Verifica-se que os intervalos dos sensores da Tabela 1 apresentam diferença na 10^a casa decimal (para Lambda e TPS) e na 5^a casa para o sensor MAP. Esta diferença em relação ao valor real indica que o intervalo solução apresenta uma boa representação de aproximação do valor real.

Considerando os resultados das medidas de qualidade descritos nas Tabelas 2 e 3, pode-se afirmar que os sensores calculados através da matemática intervalar apresentaram intervalos solução com boa qualidade, o que garante uma excelente representação e exatidão em relação ao valor real. Todavia, verifica-se que a utilização da teoria matemática intervalar apresentou uma exatidão maior, diminuindo os erros e garantindo solução de forma mais confiável, retornando resultados mais precisos para o valor dos sensores. Isso é de suma importância pois, numa situação real, esses resultados tem influência direta no desempenho do motor em seu uso diário.

CONCLUSÃO

Quando se trabalha com computação numérica, um dos fatores de maior importância é a exatidão da resposta desses cálculos. O que sempre se procura são resultados cada vez mais precisos e com um menor erro possível contido neles.

Salienta-se que o foco é a obtenção de maior exatidão em cálculos computacionais e também a necessidade de controlar a propagação dos erros durante todos os processos que envolvem o cálculo, contudo o uso da aritmética intervalar torna-se importante na qualidade dos resultados atingidos, uma vez que os intervalos garantem a sua incerteza.

O presente trabalho propôs uma solução intervalar, através da aplicação da matemática intervalar, nos cálculos operacionais de três importantes sensores do sistema de injeção eletrônica: o sensor de oxigênio - sensor Lambda, o sensor de posição da borboleta-TPS e o sensor de pressão absoluta no coletor de admissão - sensor MAP. Verificou-se, através de exemplos, que é possível obter resultados mais confiáveis e com exatidão máxima através da Teoria Intervalar, obtendo um melhor rendimento para o funcionamento da injeção eletrônica, uma vez que a propagação dos erros inerentes ao processo computacional é controlado pela matemática intervalar.

Uma mistura ar/combustível de qualidade é fundamental para que o motor de um veículo possa ter excelência em seu funcionamento. Tendo isso em vista, efetuar os cálculos de funcionamento da injeção eletrônica com exatidão máxima, através da utilização da matemática intervalar, é de suma importância, já que os resultados reais carregam a incerteza.

Verifica-se, através das medidas de erros (absoluto e relativo), a qualidade do intervalo solução. Os resultados obtidos com a teoria intervalar demonstram que esse tipo de abordagem fornece resultados mais exatos e confiáveis. Na prática, isso implica em melhor eficiência para o rendimento do motor, gerando uma menor quantidade de poluentes emitidos e otimizando o consumo de combustível.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem pelo aporte financeiro do Programa de Bolsas de Iniciação Científica FIPE/UFSM.

REFERÊNCIAS

AIRD, Forbes. **Bosch Fuel Injection Systems**. HP Books, 2001J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73.

BOSCH. Injeção Eletrônica. Disponível em: <<http://www.bosch.com.br/br/autopecas/produtos/injecao/index.html>>. Acesso em: 29 jul. 2016.

DENTON, T. **Automobile electrical and electronic systems**. 3rd. ed. Londres: Elsevier, 2004.

FERRARI, Biagio. Injeção é bico Uma simples introdução. Publicado em: 2007. Disponível em: <<http://www.motonline.com.br/tecnica/tecnica-injecao-e-bico.html>> Acesso em: 06 ago 2016.

FIGUEIREDO, Luís F. **Injeção eletrônica**. Publicada em: 14 dez. 2004. Disponível em: <https://www.webmotors.com.br/wmpublicador/Dicas_Conteudo.vxlpub?hnid=34401>. Acesso em: 03 agosto 2016.

KREINOVICH, V., KEARFOTT, R. B., **Applications of Interval Computations: an introduction**. Dordrecht: Kluwer, 1996.

PROTÁSIO, R. B. R., **Implementação de um Sistema de Injeção e Ignição Eletrocnicamente Controlados num motor de Comsutão Interna**, Dissertação de Mestrado Faculdade de Engenharia, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2012.

RATSCHEK, H., ROKNE, J., **New Computer Methods for Global Optimization**. Ellis Horwood, 1988.
MOORE, R. E., **Interval Analysis**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1966.

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