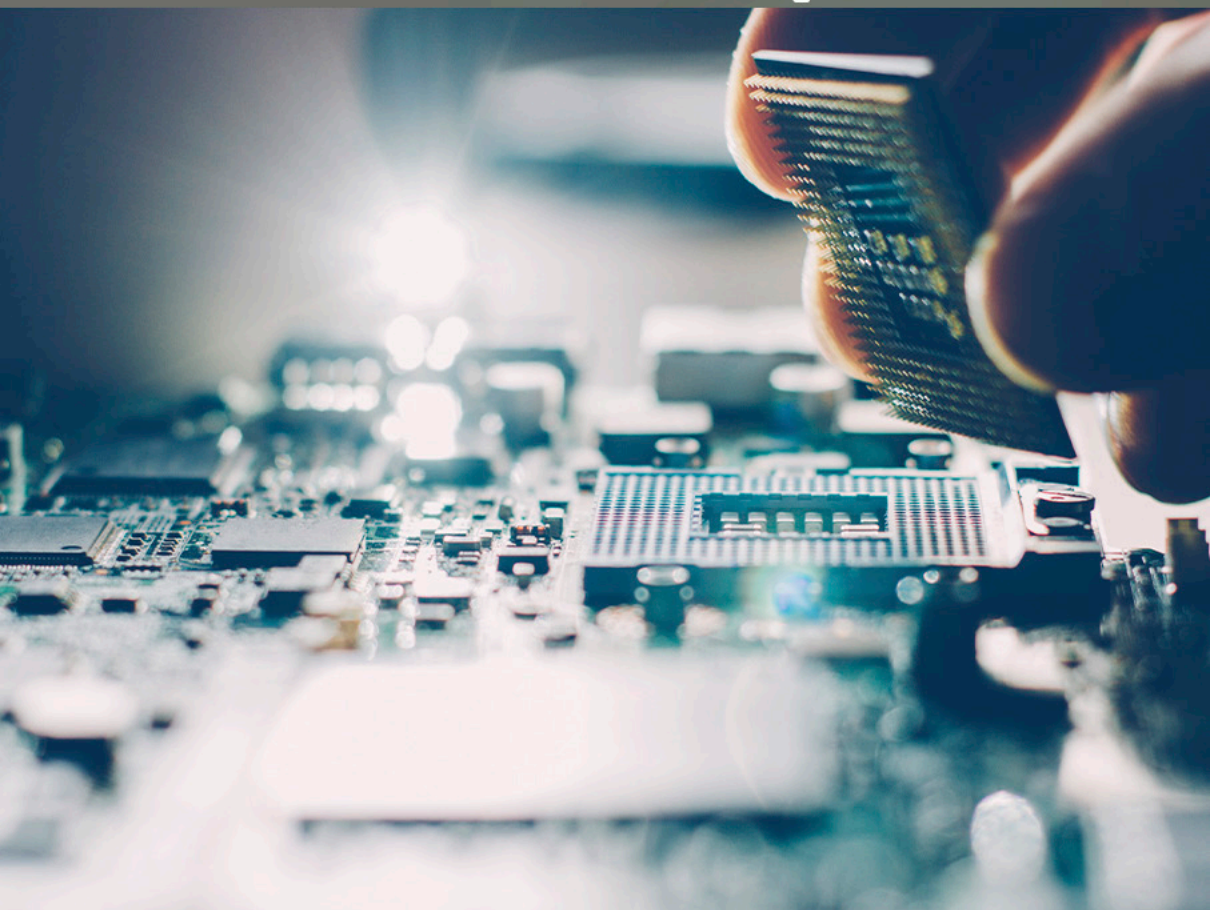


COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2

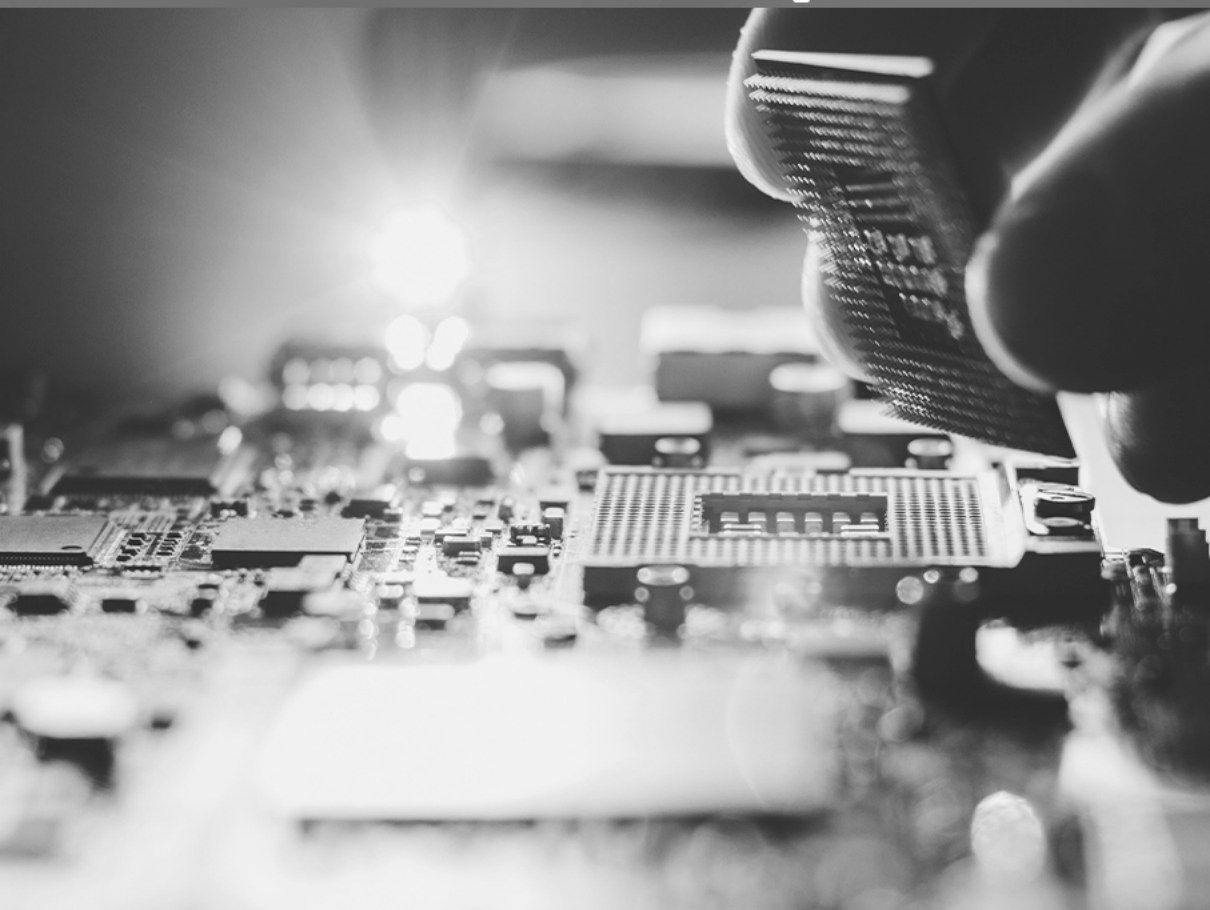


ERNANE ROSA MARTINS
(ORGANIZADOR)

 **Atena**
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2



ERNANE ROSA MARTINS
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes editoriais

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele 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 Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Rio de Janeiro
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federac do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª 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

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Ernane Rosa Martins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia de computação 2 / Organizador Ernane Rosa Martins. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-384-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.849211808>

1. Engenharia da computação. I. Martins, Ernane Rosa (Organizador). II. Título.

CDD 621.39

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 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 de Computação é a área que estuda as técnicas, métodos e ferramentas matemáticas, físicas e computacionais para o desenvolvimento de circuitos, dispositivos e sistemas. Esta área tem a matemática e a computação como seus principais pilares. O foco está no desenvolvimento de soluções que envolvam tanto aspectos relacionados ao software, quanto à elétrica/eletrônica. Os profissionais desta área são capazes de atuar principalmente na integração entre software e hardware, tais como: automação industrial e residencial, sistemas embarcados, sistemas paralelos e distribuídos, arquitetura de computadores, robótica, comunicação de dados e processamento digital de sinais.

Dentro deste contexto, esta obra aborda diversos aspectos tecnológicos computacionais, tais como: implementação e modificações numéricas a serem feitas no algoritmo de Anderson (2010) para simular o escoamento sobre uma asa finita submetida a ângulos de ataque próximos ao estol; modelo distribuído para analisar a influência da formação e do adensamento de geadas sobre o desempenho de evaporadores do tipo tubo-aletado, comumente usados em refrigeradores frost-free; um algoritmo de Redes Neurais Convolucionais (CNN) que identifica se a pessoa está ou não utilizando a máscara; potencialidades do M-Learning e Virtual Reality no curso técnico em Agropecuária; avaliação da qualidade da energia elétrica em um sistema de geração de energia fotovoltaica; uma abordagem para a segmentação de imagens cerebrais, utilizando o método baseado em algoritmos genéticos pelo método de múltiplos limiares; estudo numérico de uma âncora torpedo sem aletas cravada em solo isotrópico puramente coesivo, utilizando um modelo axissimétrico não-linear em elementos finitos; estudo acerca da análise numérica de placas retangulares por meio do método das diferenças finitas, obtendo soluções aproximadas para o campo de deslocamentos transversais bem como os correspondentes momentos fletores, para problemas envolvendo uma série de condições de contorno, utilizando-se o software Matlab® para simulação; desenvolvimento e aplicação da Realidade Virtual (RV) como Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) para auxiliar no processo de ensino-aprendizado de disciplinas do Ensino Médio; avaliação dos resultados obtidos em campanhas de medição de qualidade da energia elétrica (QEE) na rede básica em 500 kV; examinar o comportamento mecânico-estático de uma longarina compósita projetada para uma aeronave esportiva leve através de investigações numéricas, empreendidas em software (ANSYS Release 19.2) comercial de elementos finitos; construção de um sistema para monitoramento de ativos públicos; a relação da Sociedade 5.0 envolvida no contexto da Indústria 4.0 e a Transformação Digital; algoritmos de seleção e de classificação de atributos, identificando as vinte principais características que contribuem para o desempenho alto ou baixo dos estudantes; a Mask R-CNN, utilizada para a segmentação de produtos automotivos (parabrisas, faróis, lanternas, para-choques e retrovisores) em uma empresa do ramo de reposição automotiva; o nível de usabilidade do aplicativo protótipo

para dispositivo móvel na área da saúde voltado ao auxílio do monitoramento móvel no uso de medicamentos em seres humanos.

Sendo assim, esta obra é significativa por ser composta por uma gama de trabalhos pertinentes, que permitem aos seus leitores, analisar e discutir diversos assuntos importantes desta área. Por fim, desejamos aos autores, nossos mais sinceros agradecimentos pelas significativas contribuições, e aos nossos leitores, desejamos uma proveitosa leitura, repleta de boas reflexões.

Ernane Rosa Martins


SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

NONLINEAR LIFTING LINE IMPLEMENTATION AND VALIDATION FOR AERODYNAMICS AND STABILITY ANALYSIS

André Rezende Dessimoni Carvalho

Pedro Paulo de Carvalho Brito


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118081>

CAPÍTULO 2..... 11

INFLUÊNCIA DA FORMAÇÃO DE GEADA EM EVAPORADORES DE TUBO ALETADO USANDO UM MODELO DISTRIBUÍDO

Caio Cezar Neves Pimenta

André Luiz Seixlack

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118082>

CAPÍTULO 3..... 24


INFLUÊNCIA DO NÚMERO DE SEÇÕES DE CONECTORES NA EFICIÊNCIA DA RUPTURA POR SEÇÃO LÍQUIDA EM CANTONEIRA DE CHAPA DOBRADA

Jéssica Ferreira Borges

Luciano Mendes Bezerra

Francisco Evangelista Jr

Valdeir Francisco de Paula

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118083>


CAPÍTULO 4..... 37

INFORMATION THEORY BASED STOCHASTIC HETEROGENEOUS MULTISCALE

Ianyqui Falcão Costa

Liliane de Allan Fonseca

Ézio da Rocha Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118084>

CAPÍTULO 5..... 59

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA IDENTIFICAR O USO DE MÁSCARA NA PREVENÇÃO DA COVID-19

Roberson Carlos das Graças

Edyene Cely Amaro Oliveira

Guilherme Ribeiro Brandao


Igor Siqueira da Silva

Samara de Jesus Duarte

Samara Lana da Rocha

Hermes Francisco da Cruz Oliveira


Guilherme Henrique Chaves Batista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118085>

CAPÍTULO 6..... 67

ANÁLISE DE DESEMPENHO MECÂNICO DE PLACAS A PARTIR DE MÉTODOS APROXIMADOS

Gabriel de Bessa Spínola
Edmilson Lira Madureira
Eduardo Morais de Medeiros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118086>

CAPÍTULO 7..... 85

M-LEARNING E VIRTUAL REALITY NO ENSINO TÉCNICO DE AGROPECUÁRIA


Gabriel Pinheiro Compto
Jeconias Ferreira dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118087>

CAPÍTULO 8..... 95

MODELLING AND ANALYSIS OF AEROBOAT JAHU


João B. de Aguiar
Júlio C.S. Sousa
José M. de Aguiar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118088>

CAPÍTULO 9..... 113

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ENERGIA EM SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA - ANÁLISE DAS CAMPANHAS DE MEDIÇÃO DE TENSÃO E CORRENTE E CARACTERÍSTICAS DE INJEÇÃO DE HARMÔNICOS DOS SISTEMAS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA TENSÃO

Nelson Clodoaldo de Jesus
João Roberto Cogo
Luiz Marlus Duarte
Jesus Daniel de Oliveira
Luis Fernando Ribeiro Ferreira
Éverson Júnior de Mendonça
Leandro Martins Fernandes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118089>

CAPÍTULO 10..... 127

OTIMIZAÇÃO MULTI-LIMAR PARA SEGMENTAÇÃO DE MRI POR ALGORÍTIMO GENÉTICO

Tiago Santos Ferreira
Paulo Fernandes da Silva Júnior
Ewaldo Eder Carvalho Santana
Mauro Sérgio Silva Pinto
Jayne Muniz Fernandes
Ana Flávia Chaves Uchôa
Jarbas Pinto Monteiro Guedes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180810>

CAPÍTULO 11..... 138

ANÁLISE NUMÉRICA DA CAPACIDADE DE CARGA DE ÂNCORAS TORPEDO CONSIDERANDO EFEITOS DE SETUP

Guilherme Kronemberger Lopes

José Renato Mendes de Sousa

Gilberto Bruno Ellwanger


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180811>

CAPÍTULO 12..... 156

ANÁLISE NUMÉRICA DE PLACAS EM ESTRUTURAS AEROESPACIAIS POR DIFERENÇAS FINITAS

Júlio César Fiorin

Reyolando Manoel Lopes Rebello da Fonseca Brasil

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180812>

CAPÍTULO 13..... 172


NUMERICAL SIMULATION OF LABYRINTH SEALS FOR PULSED COMPRESSION REACTORS (PCR)

Hermann Enrique Alcázar Rojas

Briam Rudy Velasquez Coila

Arioston Araújo de Moraes Júnior

Leopoldo Oswaldo Alcázar Rojas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180813>

CAPÍTULO 14..... 183

PRÁTICAS E CONTROLE DA CORRUPÇÃO NO MERCADO SEGURADOR: UMA PROPOSTA DE DADOS PARA SISTEMAS DE CONTROLE E COMPLIANCE

Lucas Cristiano Ferreira Alves

Melissa Mourão Amaral

Liza Dantas Noguchi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180814>


CAPÍTULO 15..... 198

PREDICTING EFFECTIVE CONSTITUTIVE CONSTANTS FOR WOVEN-FIBRE COMPOSITE MATERIALS

Jonas Tieppo da Rocha

Tales de Vargas Lisbôa

Rogério José Marczak

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180815>


CAPÍTULO 16..... 210

PREVENTING SPURIOUS ARTIFACTS WITH CONSISTENT INTERPOLATION OF PROPERTIES BETWEEN CELL CENTERS AND VERTICES IN TWO-DIMENSIONAL RECTILINEAR GRIDS

Alexandre Antonio de Oliveira Lopes

Flávio Pereira Nascimento

Francisco Ismael Pinillos Nieto
Túlio Ligneul Santos
Alberto Barbosa Júnior
Luca Pallozzi Lavorante

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180816>

CAPÍTULO 17..... 230

REALIDADE VIRTUAL APLICADA COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO AO ENSINO

Simone Silva Frutuoso de Souza
Everton Welter Correia
Gabrielly Chiquezi Falcão
Leonardo Plaster Silva
Érica Baleroni Pacheco
Fábio Roberto Chavarette
Fernando Parra dos Anjos Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180817>

CAPÍTULO 18..... 245

RESULTADOS DE CAMPANHAS DE MEDIÇÃO DE QUALIDADE DA ENERGIA EM SISTEMAS COM COMPENSADORES ESTÁTICOS DE REATIVOS - ANÁLISE DO IMPACTO DE OUTROS AGENTES NA AMPLIFICAÇÃO DE HARMÔNICOS EM SISTEMA DE 500 kV


Nelson Clodoaldo de Jesus
João Roberto Cogo
Luis Fernando Ribeiro Ferreira
Luiz Marlus Duarte
Éverson Júnior de Mendonça
Leandro Martins Fernandes
Jesus Daniel de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180818>

CAPÍTULO 19..... 258

SIMPLIFIED NUMERICAL MODEL FOR ANALYSIS OF STEEL-CONCRETE COMPOSITE BEAMS WITH PARTIAL INTERACTION

Samuel Louzada Simões
Tawany Aparecida de Carvalho
Ígor José Mendes Lemes
Rafael Cesário Barros
Ricardo Azoubel da Mota Silveira


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180819>

CAPÍTULO 20..... 266

SIMULAÇÃO DE UMA LONGARINA COMPÓSITA DE UMA AERONAVE ESPORTIVA LEVE

Felipe Silva Lima
Álvaro Barbosa da Rocha
Daniel Sarmento dos Santos

Wanderley Ferreira de Amorim Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180820>

CAPÍTULO 21.....279

SISTEMA RFID PARA CONTROLE DE ATIVOS PÚBLICOS

João Felipe Fonseca Nascimento

Jislane Silva Santos de Menezes

Jean Louis Silva Santos

Jennysson D. dos Santos Júnior

Luccas Ribeiro Cruz

Jean Carlos Menezes Oliveira

João Marcos Andrade Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180821>

CAPÍTULO 22.....292

SISTEMAS ESTRUTURAIS CONVENCIONAIS E SISTEMAS DE LAJES LISAS EM EDIFÍCIOS DE CONCRETO ARMADO

Pablo Juan Lopes e Silva Santos


Carlos Henrique Leal Viana

Sávio Torres Melo

Rebeka Manuela Lobo Sousa

Tiago Monteiro de Carvalho

Thiago Rodrigues Piauilino Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180822>

CAPÍTULO 23.....303

SOCIEDADE 5.0 CORRELACIONADA COM A INDÚSTRIA 4.0 E A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

Pablo Fernando Lopes

Thiago Silva Souza

Fernando Hadad Zaidan

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180823>

CAPÍTULO 24.....313

TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO DE BARRAS QUEBRADAS EM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO SEM CARGA POR MEIO DA TRANSFORMADA WAVELET

Carlos Eduardo Nascimento

Cesar da Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180824>





CAPÍTULO 25.....332

UNCERTAINTY QUANTIFICATION OF FRACTURE POTENTIAL AT CONCRETE-ROCK INTERFACE

Mariana de Alvarenga Silva

Francisco Evangelista Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180825>

CAPÍTULO 26	342
USANDO MINERAÇÃO DE DADOS PARA IDENTIFICAR FATORES MAIS IMPORTANTES DO ENEM DOS ÚLTIMOS 22 ANOS	
Jacinto José Franco	
Fernanda Luzia de Almeida Miranda	
Davi Stiegler	
Felipe Rodrigues Dantas	
Jacques Duílio Brancher	
Tiago do Carmo Nogueira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180826	
CAPÍTULO 27	355
ARTIFICIAL INTELLIGENCE USAGE FOR IDENTIFYING AUTOMOTIVE PRODUCTS	
Leandro Moreira Gonzaga	
Gustavo Maia de Almeida	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180827	
CAPÍTULO 28	366
UTILIZAÇÃO DE APLICATIVO PARA DISPOSITIVO MÓVEL PARA ADMINISTRAÇÃO DE MEDICAMENTOS	
Luísa de Castro Guterres	
Allan Rafael da Silva Lima	
Wender Antônio da Silva	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180828	
CAPÍTULO 29	399
VIBRATIONS ANALYSIS UNCOUPLED AND COUPLED FLUID-STRUCTURE BETWEEN SHELL AND ACOUSTIC CAVITY CYLINDRICAL FOR VARIOUS BOUNDARY CONDITIONS	
Davidson de Oliveira França Júnior	
Lineu José Pedroso	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180829	
SOBRE O ORGANIZADOR	410
ÍNDICE REMISSIVO	411

CAPÍTULO 1

NONLINEAR LIFTING LINE IMPLEMENTATION AND VALIDATION FOR AERODYNAMICS AND STABILITY ANALYSIS

Data de aceite: 02/08/2021

Data de submissão: 05/05/2021

André Rezende Dessimoni Carvalho

Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Mecânica
<http://lattes.cnpq.br/7476570541028392>

Pedro Paulo de Carvalho Brito

Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Mecânica
<http://lattes.cnpq.br/7127964828220017>

ABSTRACT: The well-known Prandtl's Lifting Line Theory, elaborated in 1918, was the first well-succeeded mathematical model capable of describing the flow along the span of a wing. Since then, some modifications implemented by Weissinger, Multhopp, Philips, and Anderson were presented. Compared with other potential flow-based methods, such as the Vortex Lattice and Panel Method, the Lifting Line has the advantage of the lowest computational cost and the most straightforward implementation, making it suitable for fast aerodynamic optimization codes. Furthermore, Anderson's method has the convenience of incorporating both numerical and experimental, bi-dimensional viscous data. This paper will describe the implementation and numerical modifications made in the algorithm proposed by Anderson (2010) to simulate the flow over a finite wing under angles of attack near the stall. A big concern of this work is to show, with enough detail, the effects of the boundary

conditions and numerical strategies adopted over the results and accuracy. Various numerical differentiation, interpolation, and discretization schemes were tested to achieve values of circulation at the wing tip inside the iterative process. The results were compared with potential flow open source codes and experimental data, showing good agreement.

KEYWORDS: Aerodynamics, Nonlinear Lifting Line, Numerical Methods.

IMPLEMENTAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MÉTODO DE LINHA SUSTENTADORA NÃO LINEAR PARA ANÁLISE AERODINÂMICAS E DE ESTABILIDADE

RESUMO: A célebre teoria da linha sustentadora de Prandtl, elaborada em 1908, foi o primeiro modelo matemático a conseguir descrever com sucesso o resultado do escoamento ao longo da envergadura de uma asa. Desde então, algumas modificações implementadas por Weissinger, Multhopp, Philips, e Anderson foram apresentadas. Comparada com outros métodos potenciais, como o método Vortex Lattice e o método dos painéis, a linha sustentadora tem a vantagem do menor custo computacional e da maior facilidade de implementação, tornando-a adequada para códigos de otimização aerodinâmica. Além disso, o método de Anderson tem a vantagem de permitir incorporar dados bidimensionais viscosos tanto de fontes numéricas como de fontes experimentais. Esse trabalho detalha a implementação e modificações numéricas a serem feitas no algoritmo de Anderson (2010) para simular o escoamento sobre uma asa finita submetida a ângulos de

ataque próximos ao estol. Uma grande preocupação desse trabalho é mostrar, com suficiente nível de detalhe, os efeitos de condições de contorno e estratégias numéricas adotadas, sobre os resultados e a acuracidade. Várias técnicas de derivação numérica, interpolação e esquemas de discretização são testados para alcançar os valores de circulação na região de ponta da asa dentro do processo iterativo. Os resultados foram comparados com códigos de fonte aberta baseados em métodos potenciais e com dados experimentais, mostrando boa concordância.

PALAVRAS - CHAVE: Aerodinâmica, Linha Sustentadora Não-Linear, Métodos Numéricos.

1 | INTRODUCTION

Fast numerical methods capable of evaluating many configurations during a design process are significant during the aerodynamic conceptual phase in the aeronautical industry. The first remarkable achievement was in 1918 when Prandtl developed the classical Lifting Line Theory (LLT). Later, other authors work to extend the method to the lift curve's nonlinear region and accept wings with arbitrary shape, which is an excellent accomplishment in the area. The LLT method is still used today for preliminary calculations of finite wings because of its low computational cost. The method has a good agreement with the experimental results for predicting the stall characteristics of wings, a difficult task even when more advanced approaches, such as CFD, are applied. The present work shows in a detailed way the capabilities of the Nonlinear Lifting Line (NL-LLT) to predict the near stall characteristics of finite wings and stability parameters.

2 | METHODOLOGY

2.1 Theoretical Fundaments

Circulation and Lift Generation

A fundamental definition in aerodynamics is the circulation (Γ) because it is how we can mathematically model the lift. It is expressed by Eq. (1), which says that the circulation about a curve C is equal to the vorticity integrated over any open surface bounded by C . In Eq. (1), \vec{V} is the velocity vector.

$$\Gamma = - \oint_C \vec{V} ds = \int \int_S (\nabla \times \vec{V}) ds \quad (1)$$

The importance of the concept of circulation defined above is exposed by the Kutta-Joukowski theorem (1902-1906), which relates the lift per unit span (L') on a lifting airfoil or cylinder to the circulation, as shown in Eq. (2).

$$L' = \Gamma \rho_\infty V_\infty \quad (2)$$

where ρ_∞ is the free stream density, and V_∞ is the free stream velocity.

Prandtl Classical Lifting Line

The implementation of the classical lifting-line relies on the substitution of a finite wing by a large number of horseshoe vortices, where 40 is usually enough. This way, using the Kutta-Joukowski theorem and analyzing the local airfoil section of a wing, we can obtain the fundamental equation of Prandtl's lifting line theory, given by Eq. (3). In this equation, $c(y_0)$ is the local chord at an arbitrary station; y is the spanwise direction coordinate; b is the wingspan; and $\alpha_{L=0}$ is the angle of attack for which the lift of the airfoil section is equal to zero.

$$\alpha(y_0) = \left[\frac{\Gamma(y_0)}{\pi V_\infty c(y_0)} + \alpha_{L=0} \right] + \left[-\frac{1}{4\pi} \int_{-b/2}^{b/2} \frac{(d\Gamma/dy)}{y_0 - y} \right] \quad (3)$$

Equation (3) states that the local geometric angle of attack ($\alpha(y_0)$) is the sum of the effective angle of attack (α_{eff}) plus the induced angle of attack (α_i).

2.2 Numerical Methods

According to the numerical NL-LLT methodology presented by (Anderson, 2010), to solve the Eq. (3), we should first divide the wing into $k+1$ spanwise stations. Then, we assume a preliminary elliptical distribution of Γ at all the stations. Now, using the Simpson's rule to evaluate the integral, the second term in the RHS of Eq. (3) becomes:

$$\alpha_i(y_n) = \frac{1}{4\pi V_\infty} \frac{\Delta y}{3} \sum_{j=2,4,6}^k \frac{(d\Gamma/dy)_{j-1}}{y_n - y_{j-1}} + 4 \frac{(d\Gamma/dy)_j}{y_n - y_j} + \frac{(d\Gamma/dy)_{j+1}}{y_n - y_{j+1}} \quad (4)$$

In Eq. (4), y_n is an arbitrary station, and Δy is the distance between stations. A second-order central difference scheme may be used to perform the derivatives. In Eq. (4), when $y_n = y_{j-1}$, y_j , or y_{j+1} , a singularity occurs. It can be avoided replacing the term of the sum in which the singularity occurs by the average value of the same term in the two adjacent sections. As an example, if $y_n = y_{j-1}$, then the first term will be given by:

$$\frac{(d\Gamma/dy)_{j-1}}{y_n - y_{j-1}} = \frac{1}{2} \left[\frac{(d\Gamma/dy)_{j-1}}{y_n - y_{j-1}} + \frac{(d\Gamma/dy)_{j-1}}{y_{n+1} - y_{j-1}} \right] \quad (5)$$

Once α_i is obtained for each station, and assumed that the geometrical angle of attack is known, we can isolate α_{eff} (first term in the RHS of the Eq. (3)), obtaining the Eq.(6).

$$\alpha_{eff} = \alpha - \alpha_i(y_n) \quad (6)$$

With the distribution of a_{eff} calculated, we should obtain the bidimensional lift coefficient (c_l), at each station. These data can be obtained from experimental polars or bi-dimensional codes such as Xfoil (Drela, 1989). Eventually, the value off a_{eff} obtained for some stations can be outside the range of bi-dimensional data. In such cases, the airfoil data should be extrapolated.

To ensure the boundary condition, we should set the local lift coefficient as zero at the tip stations. We also use a unidimensional third order interpolation scheme at the station adjacent to the tip to smooth numerical instabilities associated with the numerical derivative. Figure 1 shows the difference in c_l distribution for a given wing, and how the interpolation of the penultimate station leads to stabilization over the tip region.

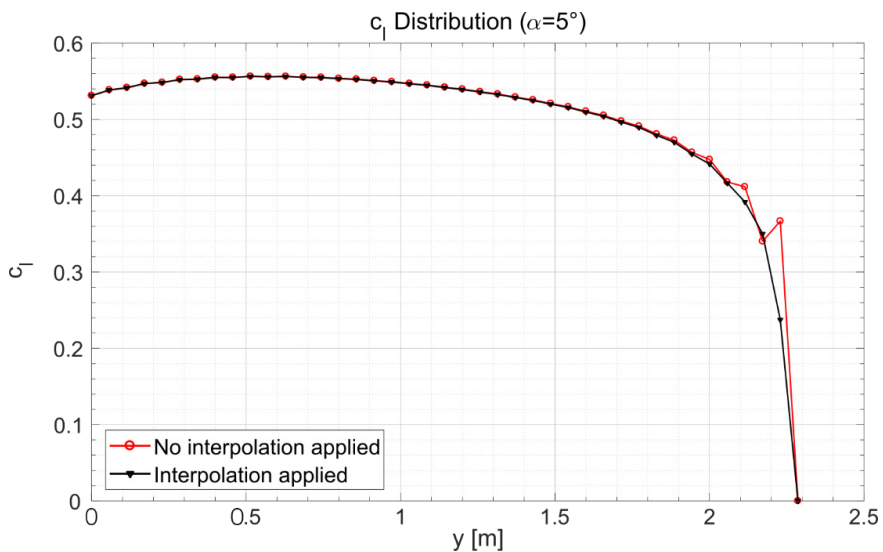


Figure 1: Comparison between c_l distributions ($\alpha = 5^\circ$) according to the use of interpolation in the station adjacent to the tip station.

Next, from Eq. (2) and the definition of lift coefficient, we can calculate a new circulation, given by Eq. (7).

$$\Gamma(y_n) = \frac{1}{2} V_\infty c_n c_l(y_n) \quad (7)$$

In Eq. (7) c_n is the chord length at each station. The new distribution of Γ is compared with that assumed previously, starting an iterative process given by the Eq. (8), where Γ_{old} is the circulation calculated in the previous iteration; Γ_{new} is the circulation obtained by Eq. (7); Γ_{input} is the circulation used as input to Eq. (4) in the next iteration, and D is a damping factor, with typical values of 0.05. The iterative process is repeated sufficiently until Γ_{new} and Γ_{old} agree within acceptable residue.

$$\Gamma_{\text{input}} = \Gamma_{\text{old}} + D(\Gamma_{\text{new}} - \Gamma_{\text{old}}) \quad (8)$$

When performing C_L calculations for various values of α , it is possible to accelerate the convergence by utilizing previous values of converged Γ . The present authors propose to substitute the initial elliptical guess in Anderson's methodology (except in the first simulation) by Eq. (9), where $\Gamma_{\alpha+\Delta\alpha}$ is the initial input to be used in the following $C_L(\alpha)$ simulation; Γ_α is the current converged distribution of circulation; $\Delta\alpha$ is the α step between two simulations; c is the vector of local chords.

$$\Gamma_{\alpha+\Delta\alpha} = \Gamma_\alpha + \frac{1}{2}V_\infty c 2\pi\Delta\alpha \quad (9)$$

Equation (9) is valid only for the linear region, so if it is necessary to simulate high angles of attack, the initial guess can be weighted linearly so that, for the second angle of attack in the linear region, the initial assumption is given only by Eq. (9). In contrast, for the final AoA , the initial assumption becomes Anderson's method. Figure 2 compares, for a given wing, the number of iterations performed to converge the solutions and the values of C_L obtained, using the proposed methodology and the original approach.

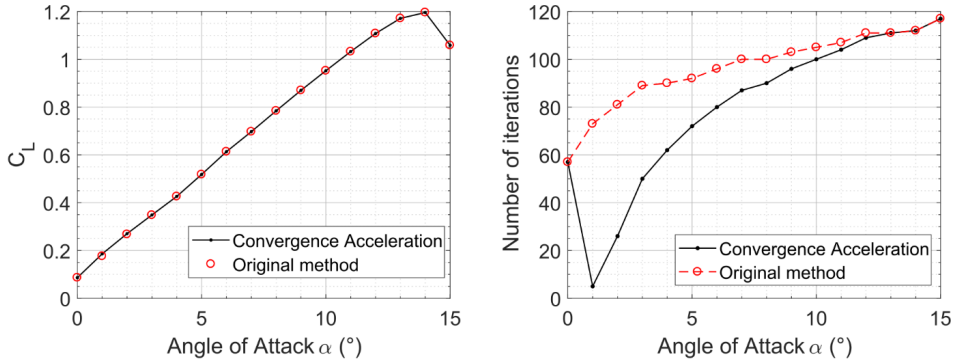


Figure 2: Comparison of results of C_L and number of iterations, according to the use of the acceleration of convergence.

After the end of the iterative process, the global force and moments coefficients can be calculated. Lift (C_L), induced drag (C_{D_i}), and parasite drag (C_{D_0}) coefficients are expressed by the equations Eq. (10) to Eq. (12), respectively. In these equations, S is the wing area; c is the local chord; and $C_{d,0}$ is the local airfoil drag, obtained by bi-dimensional computations.

$$C_L = \frac{2}{V_\infty S} \int_{-b/2}^{b/2} \Gamma(y) dy \quad (10)$$

$$C_{D,i} = \frac{2}{V_{\infty} S} \int_{-b/2}^{b/2} \Gamma(y) \alpha_i(y) dy \quad (11)$$

$$C_{D,0} = \frac{1}{S} \int_{-b/2}^{b/2} c_{d,0}(y) c(y) dy \quad (12)$$

Besides these coefficients, (Sivells et al., 1947a) also provide the equations Eq. (13) to Eq.(16) to calculate proper coefficients for stability analysis, respectively: pitching-moment (C_m), rolling-moment, (C_l induced-yawing-moment ($C_{n,i}$) and profile-yawing-moment coefficients ($C_{n,0}$). In these equations, c' is the mean aerodynamic chord, and c_m is the local bi-dimensional pitching-moment.

$$C_m = \frac{1}{S c'} \int_{-b/2}^{b/2} c_m(y) c(y)^2 dy \quad (13)$$

$$C_l = \frac{1}{S b} \int_{-b/2}^{b/2} c_l(y) c(y) y dy \quad (14)$$

$$C_{n,i} = \frac{1}{S b} \int_{-b/2}^{b/2} \frac{\pi c_l(y) c(y) \alpha_i(y)}{180} y dy \quad (15)$$

$$C_{n,0} = \frac{1}{S b} \int_{-b/2}^{b/2} c_{d,0}(y) c(y) y dy \quad (16)$$

To evaluate equations Eq. (13) to Eq. (16) with command deflections, the c_l values over the control surface stations, $c_l(y_{cs})|_{\delta_f}$, can be refreshed according to Eq. (17), where $c_l(y_{cs})|_{\delta_f=0^\circ}$ is the original c_l over those stations, without considering the control surface; $\partial c_l / \partial \delta_f$ is the derivative of c_l with respect to the surface deflection, and δ_f is the desired angle of deflection. An equivalent equation shall be used for bi-dimensional pitching moment and drag coefficients. Another possibility to take into account the effects of the deflection is to substitute the airfoil polars over the command surface stations with the polars of the deflected airfoils.

$$c_l(y_{cs})|_{\delta_f} = c_l(y_{cs})|_{\delta_f=0^\circ} + \frac{\partial c_l}{\partial \delta_f} \delta_f \quad (17)$$

3 | RESULTS

Aiming to compare the results provided by the implemented method with experimental data and other potential flow-based codes, the wing studied by (Sivells, 1947b) was chosen. The case was a straight wing with NACA 64-210 airfoil, aspect ratio 9, taper ratio 0.5, chord root 0: 7257m, 2° washout, and 3° dihedral, at Mach 0.17 and Reynolds number $4.4 \cdot 10^6$. Although Anderson's method does not consider dihedral effects (Barbosa,2015), 3° is small

enough to be negligible in lift calculations. It is worth noting that the dihedral was considered in the other codes.

The other codes used to compare were: a) classical Prandtl's lifting line code; b) Machup (Hunsaker, 2011), a modern lifting line code; c) XFLR5 6.38 (Deperrois, 2017), a code that allows panel method as well as extended lifting line solution using 2D data from Xfoil; and d) AVL 3.35 (Drela et. al, 2017), a vortex lattice code. The bi-dimensional airfoil data used in lifting line based methods (except XFLR5) were extracted from (Abbott, 1959).

Figure 3 shows the curve $C_L vs \alpha$ with an angle increment of 0.1° near the stall for the nonlinear methods (the points that did not converge were not considered). Table 1 points the results of C_L for $\alpha = 5^\circ$, the lift slope at the linear region ($C_{L\alpha}$), and the angles of stall. As can be seen, all potential methods presented nearly the same deviation from the experimental results. However, the present work method has given the closest value for the stall angle compared to the experiment. It is also important to note that even XFLR5 using bi-dimensional data from Xfoil, its results were close to the present work using experimental bi-dimensional data.

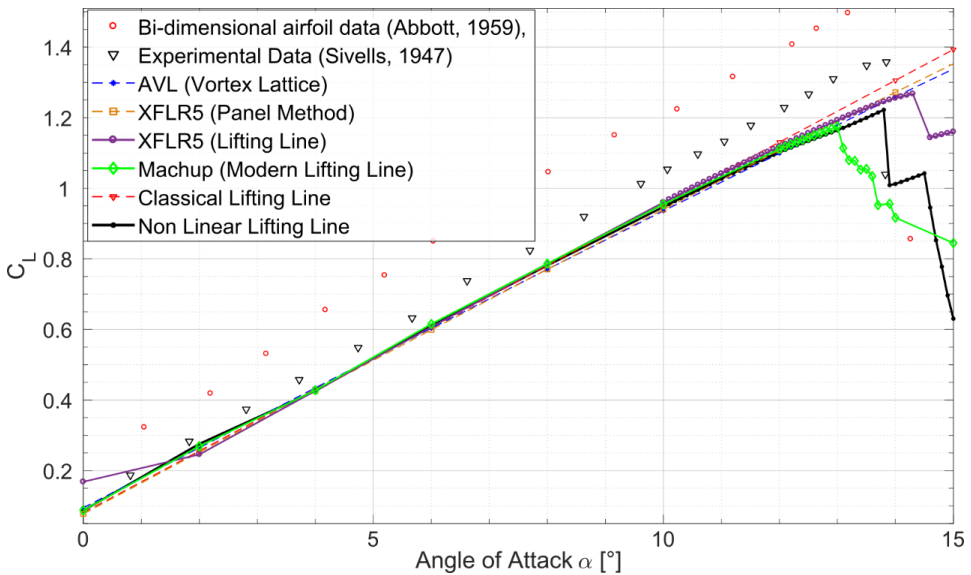


Figure 3: $C_L vs \alpha$ comparison between the Nonlinear Lifting Line, potential codes, experimental data, and 2-D section experimental data.

	$C_L(\alpha = 5^\circ)$	$C_{L\alpha}(\text{rad}^{-1})$	Angle of stall
Present work (NL-LLT)	0.5181	4.95	13.7°
Classical Lifting Line	0.5182	5.01	–
Machup (Modern Lifting Line)	0.5196	5.04	13.0°
XFLR5 (Extended Lifting Line)	0.5170	4.86	14.3°
XFLR5 (Panel Method)	0.5130	4.83	–
AVL (Vortex Lattice)	0.5190	4.78	–
(Sivells, 1947b)	0.5721	5.35	13.8°

Table 1: $C_L(\alpha = 5^\circ)$, $C_{L\alpha}$ and angle of stall comparison between methods.

The c_l distributions for $\alpha = 5^\circ$, are shown in Figure 4. The deviation at the tip for the present method can be explained by the linear discretization proposed by Anderson (2010). Other methods use cosine clustering, which allows a better resolution near root and tips. As Philips (2000) suggests, this distribution is given by Eq. (18), where n is the desired number of horseshoes on each semi-span, and s_i is an arbitrary station position.

$$s_i/b = [1 - \cos(1\pi/n)]/4, \quad 0 \leq i \leq n \quad (18)$$

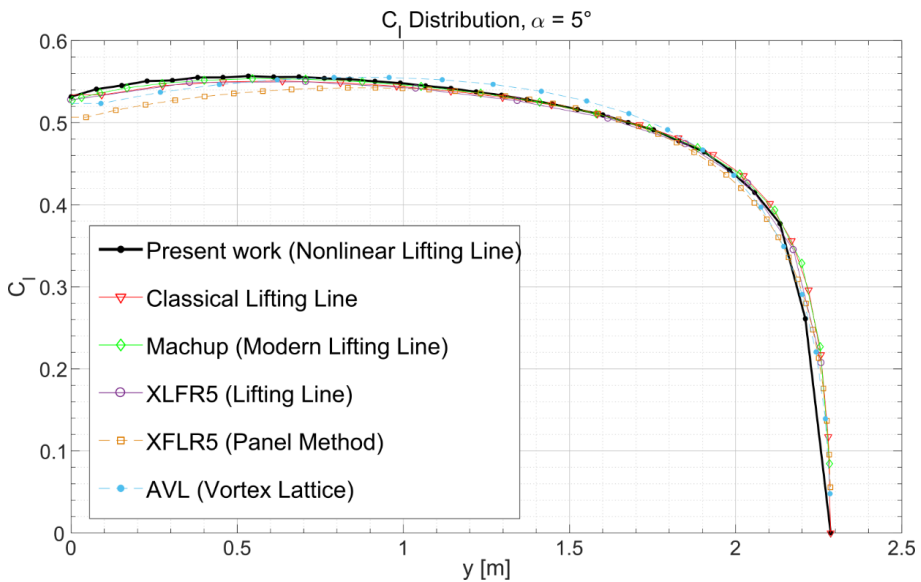


Figure 4: Comparison between c_l distribution over midspan provided by potential methods for $\alpha = 5^\circ$.

In order to evaluate results provided by the equations Eq. (13) to Eq. (17), we implemented a 20° asymmetric right deflection of a trailing edge control surface positioned between $0.8 \cdot b/2 \leq y_{cs} \leq 1.0 \cdot b/2$, with chord length of 20% of the local chord. The results were compared with the XFLR5 panel method. Figure 5 compares distributions of c_l and c_d between the methods, and Table 2 compares its global force and moment coefficients.

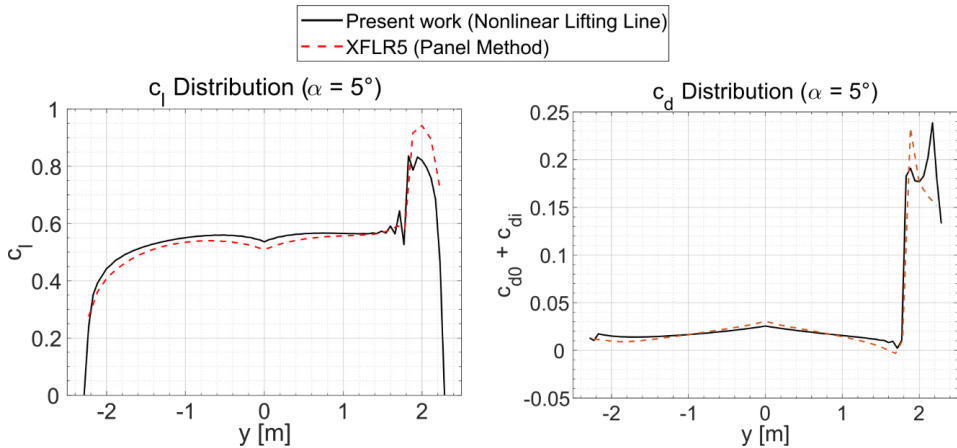


Figure 5: Comparison between c_l and c_d distributions for 20° right deflection of a $0.20 c_n$ trailing edge control surface.

Although there are numerical instabilities near the inboard section of the control surface for the present work, the global force and moment coefficients agree with XFLR5, while lifting line calculation time was quite faster. It is worth to note that these results should be used carefully, since surface deflections generate high three-dimensional flow, eventually exceeding capabilities of potential flow codes.

	C_L	C_D	C_n	C_l
Present Work	0.552	0.020	0.003	-0.014
XFLR5 (Panel Method)	0.554	0.022	0.002	-0.017

Table 2: Comparison between force and moment coefficients for 20° right deflection of a $0.02 c_n$ trailing edge control surface.

4 | CONCLUSIONS

We numerically investigated the capabilities of the modified classical NL-LLT for predicting the aerodynamic coefficients in low and near stall angles of attack, where a wing of aspect ratio 9 was simulated.

The use of third order interpolations at the tip stations, and the right boundary

conditions, allowed us to obtain smoother lift distribution along the wing span for high angles of attack, and showed to be a reasonable approach to reduce the instabilities at this region. An even better result could be achieved by changing the spacial discretization strategy.

For the case analyzed, the NL-LLT implemented was capable to provide the best prediction for the angle of stall compared with the experimental data from (Sivells, 1947b), with less than 1% error. The method also presented concordance with panel method when simulating effects of deflected surfaces in force and moment coefficients, as well as in lift distribution. In conclusion, this work confirms that the NL-LLT is a useful approach for predicting the aerodynamic coefficients in small and near stall angles of attack, making it suitable for the conceptual design phase of small subsonic airplanes, when detailed information of the flow field is not required, and low computational cost is needed. However, it is important to pay attention to the limitation of the method in simulating wings with high sweep or dihedral, and low aspect ratio, because of the existence of highly three-dimensional flows in such cases.

REFERENCES

Abbott, I. & Doenhoff A., 1959. **Theory of Wing Sections Including a Summary of Airfoil Data**. Dover Publications, Inc.

Anderson, J., 2010. **Fundamentals of Aerodynamics**. 5 ed., McGraw-Hill Education.

Barbosa, A., 2015. **Influencia da Asa em Gaivota nos Coeficientes Aerodinamicos de uma Aeronave**. Master thesis, Universidade de Sao Paulo

Deperrois, A., 2017. **XFLR5 6.38**. Retrieved from <http://www.xflr5.com/xflr5.htm>.

Drela, M. 1989. **XFOIL: An Analysis and Design System for Low Reynolds Number Airfoils**. Low Reynolds Number Aerodynamics: Proceedings of the Conference Notre Dame, pp. 1 to 12, Springer Berlin Heidelberg.

Drela, M. & Youngren, H. 2017. **AVL 3.35**. Retrieved from <http://web.mit.edu/drela/Public/web/avl/>.

Hunsaker, D., 2011. **A Numerical Lifting-Line Method Using Horseshoe Vortex Sheets**.

Philips, W., Snyder, D., 2000. **Modern Adaptation of Prandtl's Classic Lifting-Line Theory**. Journal of Aircraft, vol. 37.

Sivells, J. & Neely, R., 1947a. **Method for Calculating Wing Characteristics by Lifting-Line Theory Using Nonlinear Section Lift Data**. National Advisory Committee for Aeronautics, Technical Note No 1269.

Sivells, J., 1947b. **Experimental and Calculated Characteristics of Three Wings of NACA 64-210 and 65-210 Airfoil Sections With and Without 2° Washout**. National Advisory Committee for Aeronautics, Technical Note No 1422.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Algoritmo 9, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 127, 172, 211, 320, 323, 324, 343, 350, 355, 370

Algoritmos de seleção 9, 342, 343, 347, 348, 353

ANSYS 9, 172, 173, 176, 177, 178, 180, 181, 204, 208, 266, 267, 272, 273, 399, 401

Aplicativo 9, 16, 65, 88, 89, 90, 92, 93, 273, 366, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 381, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395

Aprendizado 9, 59, 60, 63, 64, 65, 66, 87, 230, 232, 233, 235, 240, 242, 244, 281, 290

Artificial Intelligence 16, 60, 354, 355

B

Blender 231, 236, 237

C

Classificação 9, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 384

Computational Vision 355, 356

Comunicação 9, 85, 94, 95, 194, 230, 231, 232, 242, 243, 281, 283, 286, 304, 306, 307, 367, 384, 395

Coronavírus 59, 60, 65

Covid-19 11, 59, 60, 62, 65

D

Desempenho 9, 12, 11, 12, 13, 14, 19, 23, 62, 67, 113, 114, 173, 186, 257, 267, 310, 342, 343, 345, 346, 350, 352, 353, 354, 367, 370, 373, 374, 389

Diagnóstico 15, 127, 313, 314, 316, 317, 318, 328, 329, 371

Diagramas 115, 283, 284, 371, 372

Dispositivo Móvel 10, 16, 366, 368, 370, 371

E

Educação 24, 85, 86, 87, 88, 93, 94, 230, 232, 233, 235, 240, 241, 242, 243, 244, 279, 292, 303, 313, 342, 351, 353, 354, 369, 410

Enem 16, 342, 343, 344, 345, 347, 348, 350, 351, 353, 354

Energia Elétrica 9, 113, 114, 116, 126, 245, 257, 314

Ensino 9, 12, 14, 85, 86, 87, 89, 90, 92, 93, 95, 230, 231, 232, 233, 235, 236, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 281, 292, 342, 343, 351, 352, 353, 354

Equações 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 22, 24, 25, 26, 27, 29, 33, 34, 37, 95, 399

Estruturação de dados 194

F

Finite Differences 38, 156, 157, 158, 159, 160, 162, 163, 165, 169, 170, 171

Fracture Mechanics 332, 334, 341

G

Genetic Algorithm 128, 129, 130, 132, 133, 136, 137, 172, 180

Geração Fotovoltaica 12, 113, 115, 124, 125

I

Image Processing 128, 130, 136, 356, 364

Indústria 4.0 9, 15, 303, 304, 305, 306, 308, 309, 310, 312

Informação 9, 37, 85, 86, 92, 94, 188, 195, 196, 230, 231, 232, 233, 242, 243, 280, 281, 282, 283, 304, 308, 319, 351, 366, 367, 368, 371, 395, 396, 410

Inteligência Artificial 11, 59, 304, 307, 308, 355, 356

Interface 51, 144, 146, 150, 152, 232, 235, 236, 239, 283, 284, 286, 332, 333, 334, 341, 369, 372, 376, 384, 385, 386, 397

Interpolation 13, 1, 4, 101, 102, 103, 178, 210, 215, 216, 217, 218, 221, 227

L

Labyrinth Seals 13, 172, 174, 176, 179, 181, 182

M

Máscara 9, 11, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66

MASK R-CNN 9, 355, 356, 359, 360, 361, 362, 364, 365

Method 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 38, 44, 55, 57, 67, 68, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 82, 83, 107, 112, 128, 129, 130, 131, 136, 141, 145, 156, 157, 158, 163, 169, 170, 171, 174, 175, 177, 178, 180, 181, 198, 199, 208, 210, 211, 215, 216, 217, 226, 227, 228, 229, 258, 259, 260, 264, 313, 336, 357, 399, 401, 409

Metodologias Ativas 231, 232, 244

Mineração de dados 343, 344, 345, 354

M-Learning 9, 12, 85, 86, 87, 88, 89, 92, 93, 94

Modelagem 17, 18, 211, 236, 237, 271, 284, 312, 371, 372, 374, 375

Modelo distribuído 9, 11, 11, 14, 22

Modelo Numérico 259, 271

Monitoramento 9, 10, 12, 60, 66, 113, 114, 115, 116, 118, 120, 122, 124, 125, 246, 248, 253, 279, 280, 283, 285, 290, 313, 314, 328, 366, 367, 368, 395

Motor de Indução 15, 313, 314, 316, 318, 319, 321

P

Probabilidade 24, 31, 32, 34, 185, 332, 375

Protótipo 9, 234, 240, 241, 242, 283, 285, 286, 289, 366, 368, 371, 372, 374, 394

Pulsed compression reactor 172, 173, 175, 181, 182

R

Realidade Virtual 9, 14, 94, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 239, 240, 241, 242, 243, 244

Rectilinear grids 13, 210, 212, 218, 227

Redes Neurais Artificiais 60, 62, 355, 364

RFID 15, 279, 280, 282, 283, 285, 286, 287, 288, 290, 291

S

Setup 13, 138, 139, 140, 146, 147, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 155

Sistema 9, 12, 14, 15, 11, 15, 18, 64, 88, 90, 91, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 123, 124, 125, 126, 172, 184, 185, 186, 194, 195, 196, 231, 233, 234, 245, 246, 247, 248, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 272, 279, 280, 283, 284, 285, 286, 287, 289, 290, 291, 292, 293, 297, 299, 300, 306, 307, 312, 356, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 374, 375, 376, 381, 382, 384, 385, 386

Sistema de controle 194, 290

Sistema Estrutural 272, 292, 293, 297, 299, 300

Smartphone 90, 91, 94, 376

Sociedade 5.0 9, 15, 303, 304, 305, 306, 308, 309, 310

Sociedade Criativa 303, 304, 306, 308, 309

Software 9, 28, 67, 74, 137, 138, 139, 156, 157, 163, 176, 177, 200, 209, 231, 236, 266, 267, 282, 284, 287, 291, 292, 293, 298, 321, 323, 324, 325, 328, 344, 347, 371, 372, 375, 376, 386, 396, 397, 398, 399, 401

T

Tecnologia 9, 24, 85, 86, 87, 91, 93, 94, 114, 230, 231, 232, 239, 240, 241, 242, 244, 267, 279, 280, 281, 282, 283, 290, 292, 301, 302, 304, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 313, 332, 342, 366, 367, 368, 396, 410

TICs na Educação 85, 93

Torpedo anchors 138, 139, 140, 148, 150, 152, 155

Transformação Digital 9, 15, 303, 304, 305, 307, 308, 309, 310, 311

U

Uncertainty Quantification 15, 332, 336, 341

Usabilidade 9, 234, 366, 368, 372, 374, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393,

394, 395, 396, 397, 398

V

Virtual 9, 12, 14, 85, 86, 87, 88, 89, 93, 94, 100, 101, 209, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 309, 402

Virtual Reality 9, 12, 85, 86, 87, 88, 231, 243, 244

W

Web 10, 35, 279, 280, 283, 286, 287, 290, 304, 344, 386, 396

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:





ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br