

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO



ERNANE ROSA MARTINS
(ORGANIZADOR)

 **Atena**
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO



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 Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

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

Coleção desafios das engenharias: engenharia de computação

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
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 / 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 978-65-5983-387-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.870211808>

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 tem como definição ser o ramo da engenharia que se caracteriza pelo projeto, desenvolvimento e implementação de sistemas, equipamentos e dispositivos computacionais, segundo uma visão integrada de hardware e software, apoiando-se em uma sólida base matemática e conhecimentos de fenômenos físicos. O objetivo é a aplicação das tecnologias de computação na solução de problemas de Engenharia.

Deste modo, este livro, aborda diversos aspectos tecnológicos computacionais, tais como: o desenvolvimento de um jogo de RPG acessível em LIBRAS; uma reflexão quanto à necessidade de aplicação de supressores de surto como proteção de transformadores devido a eventos transitórios em manobras de disjuntores; um algoritmo para geração de contorno 2D envolvendo regiões irregulares; avaliação da influência das tensões residuais e imperfeições geométricas iniciais em colunas de aço submetidas à flexão em torno do eixo de menor inércia; os esforços em estruturas laminares, de características de geometria e carregamentos diversos através da implementação computacional de um elemento finito sólido hexaédrico de 8 nós programado com uma linguagem computacional de alto nível; uma análise computacional realizada através do programa SAP2000; a estabilidade e as vibrações de anéis e tubulações apoiados em uma fundação elástica de Pasternak; um controlador neural para dois elos de um robô manipulador de três graus de liberdade (3 GDL); uma ferramenta de autoria para livros relacionados a área da educação; um aplicativo com propósito de aumentar a taxa de reciclagem e minimizar os danos ambientais devido ao descarte incorreto de resíduos na natureza; a conscientização de crianças e adolescentes sobre as ocorrências de bullying; uma aplicação web interativa, de fácil utilização e interface amigável, por meio do pacote Shiny, destinada aos tópicos de intervalo de confiança e dimensionamento de amostra para o parâmetro proporção; segmentar e detectar, por meio de redes neurais convolutivas, as pás dos raspadores de escória em painéis de ferro gusa do Reator Kambara de uma siderúrgica; integrar a Biblioteca Digital de Artigos (IFPublica) e a Plataforma de Digital de Inscrição e Administração de Projetos (PDIAP), por meio de adaptações nos dois projetos, para impedir erros humanos e automatizar o processo de cadastro de artigos do PDIAP na base de dados do IFPublica.

Assim, espero que a presente obra venha a se tornar um guia aos estudantes e profissionais da área de Engenharia de Computação, auxiliando-os em diversos assuntos relevantes da área, fornecendo a estes novos conhecimentos para poderem atender as necessidades informacionais, computacionais e de automação das organizações de uma forma geral. Por fim, agradeço aos autores por suas contribuições na construção desta importante obra e desejo muito sucesso a todos os nossos leitores.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A ELASTO-PLASTIC CONSTITUTIVE MODEL BASED ON CHABOCHE KINEMATIC HARDENING OF ALUMINUM ALLOY 7050-T7451

Renzo Fernandes Bastos

Daniel Masarin

Ernesto Massaroppi Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8702118081>

CAPÍTULO 2..... 11

ACANNO: UM JOGO DE RPG COM UMA PROPOSTA DE ACESSIBILIDADE USANDO LIBRAS

Gabriel Barroso da Silva Lima

Marcos Roberto dos Santos

Almir de Oliveira Costa Junior

Jucimar Maia da Silva Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8702118082>

CAPÍTULO 3..... 23

A IMPORTÂNCIA ATUAL DE ESTUDOS DE TRANSITÓRIOS ELETROMAGNÉTICOS PARA DEFINIÇÃO DE SISTEMAS DE PROTEÇÃO DE TRANSFORMADORES CONTRA SOBRETENSÕES E AS APLICAÇÕES RECENTES COM A INSTALAÇÃO DE SUPRESSORES DE SURTO

Nelson Clodoaldo de Jesus

João Roberto Cogo

Luiz Marlus Duarte

Luis Fernando Ribeiro Ferreira

Éverson Júnior de Mendonça

Leandro Martins Fernandes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8702118083>

CAPÍTULO 4..... 38

ALGORITMO PARA GERAÇÃO DE CONTORNO DE MALHAS RETANGULARES PARA CÁLCULO DE DIFERENÇAS FINITAS

Pedro Zaffalon da Silva

Neyva Maria Lopes Romeiro

Rafael Furlanetto Casamaximo

Iury Pereira de Souza

Paulo Laerte Natti

Eliandro Rodrigues Cirilo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8702118084>

CAPÍTULO 5..... 53

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE PILARES DE AÇO SOB A INFLUÊNCIA DE TENSÕES RESIDUAIS E IMPERFEIÇÕES GEOMÉTRICAS INICIAIS

Jefferson Alves Ferreira

Giovani Vitório Costa
Harley Francisco Viana
Renata Gomes Lanna da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8702118085>

CAPÍTULO 6..... 70

ANÁLISE DE ESTRUTURAS LAMINARES UTILIZANDO UM ELEMENTO SÓLIDO DE BAIXA ORDEM ENRIQUECIDO COM MODOS INCOMPATÍVEIS

Erijohnson da Silva Ferreira
William Taylor Matias Silva
Sebastião Simão da Silva
Adenilda Timóteo Salviano
José Lucas Pessoa de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8702118086>

CAPÍTULO 7..... 84

ANÁLISE ESTRUTURAL DO EDIFÍCIO SEDE DA PROCURADORIA GERAL DA REPÚBLICA: O ESTUDO DE CASO DO BLOCO “A”

Stefano Galimi
Márcio Augusto Roma Buzar
Marco Aurélio Bessa
Leonardo da Silveira Pirillo Inojosa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8702118087>

CAPÍTULO 8..... 103

ANÁLISE ESTRUTURAL DO EDIFÍCIO SEDE DA PROCURADORIA GERAL DA REPÚBLICA: O ESTUDO DE CASO DO BLOCO “B”

Stefano Galimi
Márcio Augusto Roma Buzar
Marco Aurélio Bessa
Marcos Henrique Ritter de Gregorio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8702118088>

CAPÍTULO 9..... 119

APPLICATION OF A MULTIOBJECTIVE OPTIMIZATION PARETO APPROACH TO DESIGN THE SDRE CONTROLLER FOR A RIGID-FLEXIBLE SATELLITE

Luiz Carlos Gadelha de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8702118089>

CAPÍTULO 10..... 131

APPLICATION OF DEEP LEARNING FOR ANALYSIS OF CRACKS IN PELLET FALLING TESTS

Marconi Junio Henriques Magnani
Jorge José Fernandes Filho
Thyago Rosa Souza
Marco Antonio de Souza Leite Cuadros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.87021180810>

CAPÍTULO 11	143
FLAMBAGEM E VIBRAÇÃO DE ANÉIS E TUBULAÇÕES ESBELTAS EM UMA FUNDAÇÃO ELÁSTICA	
Mariana Barros dos Santos Dias Paulo Batista Gonçalves	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.87021180811	
CAPÍTULO 12	155
CALIDAD ÁGIL: PATRONES DE DISEÑO EN UN CONTEXTO DE DESARROLLO DIRIGIDO POR PRUEBAS	
Anna Grimán Padua Manuel Capel Tuñón Eladio Garví	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.87021180812	
CAPÍTULO 13	168
CONTROLE NEURAL DE DOIS ELOS DE UM ROBÔ DE TRÊS GRAUS DE LIBERDADE	
José Antonio Riul Paulo Henrique de Miranda Montenegro	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.87021180813	
CAPÍTULO 14	181
SUBOPTIMAL CONTROL ON NONLINEAR SATELLITE SIMULATIONS USING SDRE AND H-INFINITY	
Alessandro Gerlinger Romero Luiz Carlos Gadelha de Souza	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.87021180814	
CAPÍTULO 15	193
CREATE REALITY IN BOOKS (CRINB) - PROPOSTA DE FERRAMENTA DE AUTORIA DE LIVROS COM REALIZADADE AUMENTADA	
Lucas Velho Gomes Felipe Zunino Gabriel Abreu Freire Sidney Ferreira Coutinho Rogério Grijo Biazotto Eduardo Henrique Gomes Nelson Nascimento Júnior	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.87021180815	
CAPÍTULO 16	198
DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES DE ORIENTAÇÃO E CAPACITAÇÃO EM SISTEMAS DE COMPUTAÇÃO - RECYCLING IS BETTER	
Líbero Passador Neto Dimitre Moreira Ort	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.87021180816	

CAPÍTULO 17	206
DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DIGITAL (2D) PARA CONSCIENTIZAÇÃO DE CRIANÇAS CONTRA O BULLYING	
Rafael Guedes da Silva	
Anderson Fabian Melo Nakanome	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.87021180817	
CAPÍTULO 18	215
DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO WEB PARA PROPORÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE AMOSTRA POR MEIO DO PACOTE SHINY	
Pablo Fellipe de Souza Almeida	
Cristina Henriques Nogueira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.87021180818	
CAPÍTULO 19	226
DESIGN PATTERNS FOR SOFTWARE EVOLUTION REQUIREMENTS	
Anna Grimán Padua	
Manuel Capel Tuñón	
Eladio Garví	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.87021180819	
CAPÍTULO 20	240
DETECTION AND SEGMENTATION OF PIG IRON SLAG SCRAPERS USING MASK RCNN FOR WEAR CONTROL	
Carlos Eduardo Oliveira Milanez	
Marco Antonio de Souza Leite Cuadros	
Gustavo Maia de Almeida	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.87021180820	
CAPÍTULO 21	252
DIMENSIONAMENTO DE BLOCOS SOBRE ESTACAS METÁLICAS	
Fernanda Calado Mendonça	
Bernardo Horowitz	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.87021180821	
CAPÍTULO 22	268
ESTIMATION OF STELLAR PARAMETERS FOR J-PLUS SURVEY WITH MACHINE LEARNING	
Carlos Andres Galarza Arevalo	
Simone Daflon	
Vinicius Moris Placco	
Carlos Allende-Prieto	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.87021180822	
CAPÍTULO 23	279
ESTUDO ANALÍTICO E NUMÉRICO VIA MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS DA	

RIGIDEZ DOS PILARES DE PONTES EM CONCRETO ARMADO

Sávio Torres Melo
Rebeka Manuela Lobo Sousa
Pablo Juan Lopes e Silva Santos
Francisca Itaynara de Souza Araújo
Thiago Rodrigues Piauilino Ribeiro
Amanda Evelyn Barbosa de Aquino
Diogo Raniere Ramos e Silva
Tiago Monteiro de Carvalho
Carlos Henrique Leal Viana
João Paulo dos Santos Silva
Madson Nogueira da Silva
Ilanna Castelo Branco Mesquita

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.87021180823>

CAPÍTULO 24..... 290

ESTUDO ANALÍTICO E NUMÉRICO VIA MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS DOS EFEITOS DE SEGUNDA ORDEM EM PILARES DE PONTES EM CONCRETO ARMADO

Sávio Torres Melo
Rebeka Manuela Lobo Sousa
Pablo Juan Lopes e Silva Santos
Francisca Itaynara de Souza Araújo
Thiago Rodrigues Piauilino Ribeiro
Amanda Evelyn Barbosa de Aquino
Diogo Raniere Ramos e Silva
Tiago Monteiro de Carvalho
Carlos Henrique Leal Viana
João Paulo dos Santos Silva
Madson Nogueira da Silva
Ilanna Castelo Branco Mesquita

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.87021180824>

CAPÍTULO 25..... 311

ESTUDO DO MOVIMENTO DOS CORPOS MOEDORES NO PROCESSO DE MOAGEM UTILIZANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS DISCRETOS

Wladimir José Gomes Florêncio
Neilor Cesar dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.87021180825>

CAPÍTULO 26..... 329

FLUID FLOW SUMMARIZATION USING DYNAMIC MULTI-VECTOR FEATURE SPACES

Renato José Policani Borseti
Leandro Tavares da Silva
Gilson Antonio Giralaldi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.87021180826>

CAPÍTULO 27	351
GESTÃO DE PROCESSOS: ALINHAMENTO ESTRATÉGICO ENTRE TI E NEGÓCIO COM BPMN	
Aryel Evelin Vieira Garcia Rodrigo Elias Francisco	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.87021180827	
CAPÍTULO 28	359
IFINTEGRA - INTEGRADOR DA PLATAFORMA DE REGISTRO DE PROJETOS COM A BIBLIOTECA DIGITAL DE ARTIGOS DE UM CAMPUS DO IFSUL	
Mateus Roberto Algayer Geovane Griesang	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.87021180828	
SOBRE O ORGANIZADOR	366
ÍNDICE REMISSIVO	367

ALGORITMO PARA GERAÇÃO DE CONTORNO DE MALHAS RETANGULARES PARA CÁLCULO DE DIFERENÇAS FINITAS

Data de aceite: 02/08/2021

Pedro Zaffalon da Silva

Universidade Estadual de Londrina
Paraná - Londrina
<http://lattes.cnpq.br/6079988422025271>

Neyva Maria Lopes Romeiro

Universidade Estadual de Londrina
Paraná - Londrina
<http://orcid.org/0000-0002-3249-3490>

Rafael Furlanetto Casamaximo

Universidade Estadual de Londrina
Paraná - Londrina
<http://lattes.cnpq.br/5123297463582913>

Iury Pereira de Souza

Universidade Estadual de Londrina
Paraná - Londrina
<http://lattes.cnpq.br/2572023393070173>

Paulo Laerte Natti

Universidade Estadual de Londrina
Paraná - Londrina
<http://orcid.org/0000-0002-5988-2621>

Eliandro Rodrigues Cirilo

Universidade Estadual de Londrina
Paraná - Londrina
<http://orcid.org/0000-0001-7530-1770>

RESUMO: Neste trabalho, um algoritmo para geração de contorno 2D envolvendo regiões irregulares é proposto. Nesse algoritmo, o contorno do domínio físico é aproximado para segmentos de malha utilizando as coordenadas do contorno dado. Para este propósito, o código

usa uma estrutura de repetição que analisa as coordenadas do contorno irregular conhecidas para aproximar o contorno do domínio físico para segmentos de malha. Para isso, calcula-se o coeficiente linear da reta definida pelos pontos do contorno conhecido e seus vértices vizinhos. Desta forma, o algoritmo calcula os pontos da linha e sua distância para os nós da malha mais próximos, permitindo obter pontos do contorno aproximado. Esse processo é repetido até que o contorno aproximado completo seja gerado. Sendo assim, um algoritmo para geração de contorno aproximado, sob os nós da malha, torna-se adequado para descrever malhas envolvendo geometrias com contornos irregulares para fins de cálculo de diferenças finitas, resultando em simulações numéricas da modelagem matemática de fenômenos naturais. O algoritmo é analisado usando três geometrias, onde avalia-se a diferença entre as áreas delimitadas pelo contorno dado e aproximado em porcentagens, número de nós e a quantidade de pontos internos. Verifica-se que quanto maior a complexidade da geometria, maior a quantidade de nós no contorno é necessária, exigido desta forma, malhas mais refinadas, para obter diferenças de áreas abaixo de 2%.

PALAVRAS-CHAVE: Geometria irregular, contorno, malha, diferenças finitas.

RECTANGULAR MESH CONTOUR GENERATION ALGORITHM FOR FINITE DIFFERENCES CALCULUS

ABSTRACT: In this work, a 2D contour generation algorithm, involving irregular regions is proposed.

In this algorithm, the contour of the physical domain is approximated by mesh segments using the coordinates of the known contours. For this purpose, the algorithm uses one repetition structure that analyzes the coordinates of the known irregular contours to approximate the contour of the physical domain by mesh segments. To this end, the algorithm calculates the slope of the line defined by the known point of the irregular contours and the neighboring vertices. Then the algorithm calculates the line points and the shortest distance from these points to a mesh node, thus generating a point of the approximate contour. This process is repeated until the approximate contour is obtained. Therefore, an approximate contour generation algorithm, under mesh nodes, becomes appropriate to describe irregular contours geometries used in finite difference method, allowing numerical simulations of mathematical modelling of natural phenomena. The algorithm is analyzed using tree geometries, which are evaluated by the difference between the area bounded by the known and approximate contour, the number of nodes on the contour and inside the geometry. It is observed that the more complex the geometry, the more nodes are necessary in the contour, demanding more refined meshes, to obtain area differences below 2%.

KEYWORDS: Irregular geometry, contour, mesh, finite differences.

INTRODUÇÃO

A modelagem e simulação, por meio da manipulação de equações diferenciais, constitui uma importante ferramenta para a análise e a descrição matemática de diversos fenômenos. Entretanto, devido ao fato de que, a grande maioria das equações diferenciais não possui solução analítica, faz-se necessário a aplicação de métodos numéricos para sua resolução.

Para aplicar métodos numéricos, é necessário conhecer informações da geometria do meio que está sendo investigado, considerando a malha computacional. A malha computacional consiste na representação discretizada do domínio físico descrito através de um contorno dado. Assim, a malha é formada por um conjunto de células, limitadas pelas arestas, nos quais são denominadas de faces, contendo vértices, que são chamados de nós.

No entanto, na modelagem de fenômenos naturais, raramente o domínio onde estão definidas as condições de contorno do problema, encontra-se sob os nós da malha computacional [3]. Assim, malhas cartesianas em num plano bidimensional, se deparam com sérias dificuldades ao prescrever condições de contorno em domínios não regulares, dificultando a resolução do problema considerando o método de diferenças finitas [12]. Porém, discretizações utilizando malhas cartesianas são atraentes em termos de eficiência e baixo armazenamento de memória [5].

Neste contexto, muitos autores empregam métodos que utilizam interpolações polinomiais algébricas para construir as equações de diferenças nos pontos do contorno dado, tornando-se possível incorporar o contorno irregular ao método, ou seja todos os cálculos sobre domínios irregulares reduzem-se aos domínios regulares, obtendo assim uma solução numérica mais precisa para o problema [2, 7, 8, 12].

Desta forma, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um algoritmo, utilizando *software Octave* [4], que descreve adequadamente o contorno de uma região irregular por meio de um conjunto finito de pontos, resultando em um domínio mapeado. Através do algoritmo, torna-se possível utilizar o método diferenças finitas para resolver numericamente equações diferenciais parciais utilizando malhas que contém contornos irregulares.

O procedimento utilizado emprega a técnica que consiste em representar retas definidas pelos pontos do contorno dado, para gerar os pontos do contorno aproximado mais próximos dos pontos de malha. Inicialmente define-se como as coordenadas dos pontos do contorno dado se encontram ordenadas, na sequência apresenta-se dois casos onde o algoritmo verifica se é necessário excluir nós externos em convexidades ou adicionar nós em concavidades. Após este desenvolvimento, apresenta-se um resumo do algoritmo para obter o contorno aproximado. Como verificação, apresenta-se, nos resultados, malhas geradas pelo algoritmo. Finalmente, as conclusões são apresentadas.

DESENVOLVIMENTO

Sendo o contorno dado, inscrito em uma região de domínio retangular $R=[X_0, X_1] \times [Y_0, Y_1]$, define-se $\delta_x = \frac{X_f - X_0}{N_x}$ e $\delta_y = \frac{Y_f - Y_0}{N_y}$, onde N_x e N_y são as partições em x e y , respectivamente. A partir desses valores, define-se a malha na qual o domínio irregular será representado, por meio do contorno aproximado.

Para obter o contorno aproximado, foi considerado um algoritmo que utiliza funções lineares, que representa retas definidas pelos pontos do contorno dado, para gerar o contorno aproximado mais próximos dos pontos da malha. Desta forma, o algoritmo recebe como parâmetros de entrada o vetor com as coordenadas x e y do contorno dado, os valores mínimos das coordenadas deste vetor, representado por (x_{min}, y_{min}) , e o espaçamento da malha, δ_x e δ_y .

Também, é definido o sentido no qual os pontos do contorno dado encontram-se ordenados. Assim, o primeiro ponto do contorno aproximado, ou como denotado, primeiro nó, será utilizado como base para calcular os demais nós. Este nó será obtido aproximando o ponto inicial do contorno dado a um nó mais próximo, interno a região da área do contorno aproximado, sob um ponto de malha. Entretanto, para isso faz-se necessário verificar em qual direção a região interna, da área de interesse, se encontra. Para verificar está região, deve-se observar qual o sentido em que as coordenadas dos pontos do contorno estão ordenadas, se é horário ou anti-horário. Para definir como encontra-se ordenado o contorno, utiliza-se as Figuras 1a-d.

Na Figura 1a, as coordenadas encontram-se ordenadas no sentido horário, onde observa-se que em cada parte dos segmentos de retas de cor azul, o ponto subsequente apresenta valor maior para a coordenada x , e a área interna da figura localiza-se abaixo dos segmentos de retas. Por outro lado, nos segmentos de reta de cor vermelha, o ponto

subsequente apresenta valor menor para a coordenada x , e a área interna encontra-se acima dos segmentos de retas. Na Figura 1b, as coordenadas encontram-se ordenadas no sentido anti-horário. Observa-se que em cada parte dos segmentos de retas de cor azul, o ponto subsequente apresenta valor maior para a coordenada x , e a área interna da figura localiza-se acima dos segmentos de retas. Nos segmentos de reta de cor vermelha, o ponto subsequente apresenta valor menor para a coordenada x e a área interna encontra-se abaixo dos segmentos de retas.

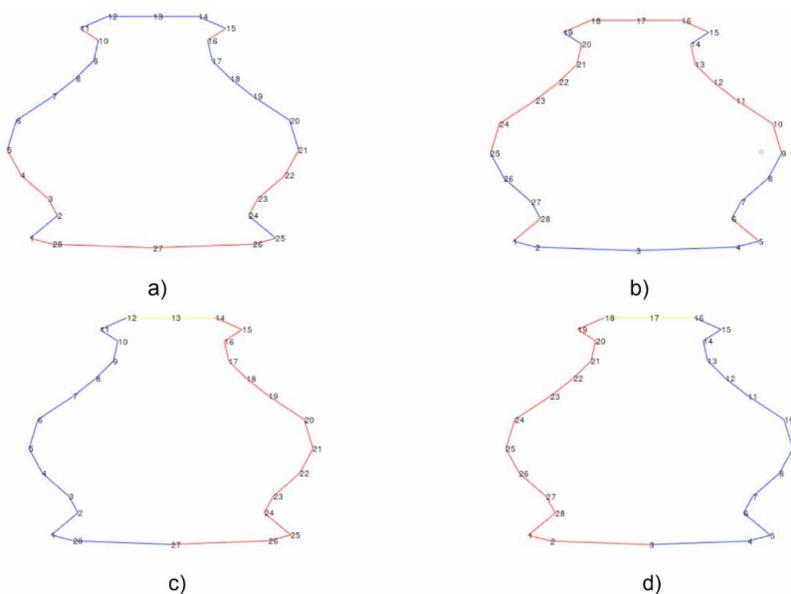


Figura 1. Os pontos do contorno encontram-se ordenados nos sentidos: a) e c) horário; b) e d) anti-horário.

Fonte: Os autores.

Na Figura 1c, as coordenadas encontram-se ordenadas no sentido horário. observa-se que nos segmentos de retas de cor azul, o ponto subsequente apresenta valor maior para y , e a área interna da figura localiza-se à direita do ponto. Por outro lado, nos segmentos de retas de cor vermelha o ponto subsequente apresenta valor menor de y , e a área interna encontra-se à esquerda. Ainda, nesta figura, pode-se observar segmentos de retas na cor amarela, onde não ocorre variação no valor de y , neste caso a direção será a mesma do ponto anterior. Na Figura 1d, as coordenadas encontram-se ordenadas no sentido anti-horário. observa-se que nos segmentos de retas de cor azul, o ponto subsequente apresenta valor maior para y , e a área interna da figura localiza-se à esquerda do ponto. Por outro lado, nos segmentos de retas de cor vermelha o ponto subsequente apresenta valor menor de y , e a área interna está à direita. Similarmente a Figura 1c, nos segmentos

de retas na cor amarela, não ocorre variação no valor de y , neste caso a direção será a mesma do ponto anterior.

Verificado qual a direção em que a área interna da região se encontra, o algoritmo aproxima o primeiro ponto do contorno dado para o nó interno mais próximo. Após obter o nó inicial, o algoritmo calcula as coordenadas dos nós aproximados até o segundo ponto do contorno dado, conforme exemplificado nas Figuras 2a-d.

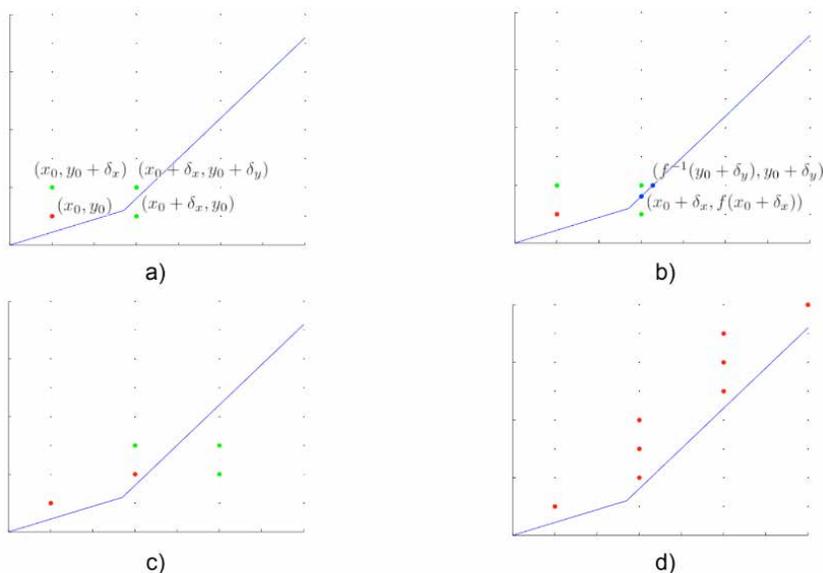


Figura 2. Etapas do algoritmo para obter os nós entre dois pontos.

Fonte: Os autores.

Na Figura 2a, o ponto (x_0, y_0) em vermelho, representa o primeiro ponto do contorno aproximado, as retas azuis descrevem o contorno dado no sentido anti-horário. Devido a reta ser crescente em x e em y , o próximo nó do contorno aproximado deve ter coordenadas maior ou igual, tanto em x quanto em y . Sendo assim, tem-se três possibilidades para o próximo nó, sendo $(x_0 + \delta_x, y_0)$, $(x_0, y_0 + \delta_y)$ e $(x_0 + \delta_x + y_0 + \delta_y)$, como pode ser identificado pela cor verde na Figura 2a.

Com o objetivo de identificar qual nó deve ser adicionado ao contorno aproximado, é necessário verificar a distância de cada ponto em relação ao contorno dado. Para isso, utiliza-se a função $f(x)$, que representa a reta definida pelo ponto atual do contorno dado e seu antecessor. Obtido a função, calcula-se os valores de $f(x_0 + \delta_x)$ e de $g(y_0 + \delta_y)$, sendo $g(x) = f^{-1}(x)$, os quais permitem obter a distância em relação aos nós analisados.

Para identificar qual nó deve ser adicionado, são analisados dois pontos na reta, sendo $X = x_0 + \delta_x$ e $Y = y_0 + \delta_y$. Desta forma, obtêm-se $(x_0 + \delta_x, f(x_0 + \delta_x))$ e $(f^{-1}(y_0 + \delta_y), y_0 + \delta_y)$, conforme ilustrado na Figura 2b. Verifica-se que o ponto que deve ser adicionado no

contorno aproximado é $(x_0 + \delta_x, y_0 + \delta_y)$ pois a distância entre a reta e o ponto $(x_0, y_0 + \delta_y)$ é maior que δ_x e $(x_0 + \delta_x, y_0)$ não é um ponto interno à figura. Obtido o segundo nó, continua-se o processo realizando as mesmas operações, conforme ilustrado na Figura 2c. Interrompe-se a etapa ao obter o nó mais próximo ao ponto atual do contorno dado, conforme ilustrado na Figura 2d. Finalizada a etapa para o ponto atual, o mesmo procedimento será realizado para os demais pontos do contorno dado, de forma que, ao passar por todos os pontos, o contorno aproximado é obtido.

EXCEÇÕES: CONVEXIDADES E CONCAVIDADES

Em certos casos, nos quais o sentido de ou de muda em relação à reta anterior, é necessário realizar verificações para gerar o contorno aproximado correto. Assim, tem-se aos casos 1 e 2.

Caso 1: Em convexidades os nós obtidos podem ser externos em relação à próxima reta, como ilustra a Figura 3.

Na Figura 3 o ponto P é o nó mais próximo acima da primeira reta do contorno, porém em relação à reta seguinte está externa à figura. Com o objetivo de evitar esta situação, é realizado uma verificação para excluir nós externos em convexidades.

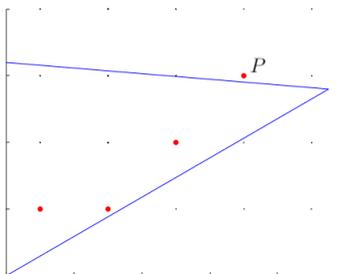


Figura 3. Exemplo de nó externo em relação à próxima reta.

Fonte: Os autores.

Na Figura 3 o ponto P é o nó mais próximo acima da primeira reta do contorno, porém em relação à reta seguinte está externa à figura. Com o objetivo de evitar esta situação, é realizado uma verificação para excluir nós externos em convexidades.

Caso 2: Em concavidades, o último nó obtido pode não ser o nó inicial da próxima reta, como descreve a Figura 4.

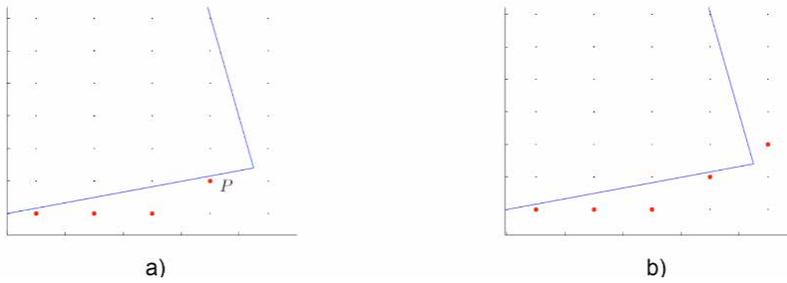


Figura 4. Exemplo de um caso no qual é necessário adicionar um nó adicional.

Fonte: Os autores.

Na Figura 4a, o ponto P é o último nó da primeira reta do contorno e, conseqüentemente, o inicial para a reta seguinte. Considerando que a reta possui valor crescente em y e decrescente em x , o próximo nó obtido seria externo. Isso ocorre porque o último nó obtido não é adequado como valor inicial para a reta seguinte. Para evitar nós incorretos, um novo nó é adicionado no contorno neste caso, realizando a mesma operação, porém verificando em relação à próxima reta, obtendo o nó inicial adequado, conforme ilustrado na Figura 4b.

ALGORITMO

Todo o desenvolvimento descrito encontra-se apresentado de forma resumida no Algoritmo 1. Os parâmetros v_x e v_y representam a diferença entre dois pontos do contorno dado.

RESULTADOS

Utilizando o Algoritmo 1, apresenta-se resultados de malhas retangulares, considerando as geometrias da mama, da garrafa e do avião. Na geometria da mama, os autores Foucher, Ibrahim e Saad [6] e Manganin *et al.* [9] apresentam simulações numéricas utilizando equações diferenciais parciais, para descreverem o crescimento tumoral, enquanto as geometrias da garrafa e do avião encontram-se ilustradas em Naozuka [10]. Naozuka [10] e Naozuka *et al.* [11], utilizaram as geometrias para avaliar o gerador de malhas desenvolvido em coordenadas generalizadas, envolvendo técnicas de multiblocos. Também, devido ao procedimento utilizado, avaliou a qualidade dos elementos de malha.

Os pontos do contorno das geometrias foram coletados utilizando o programa *WebPlotDigitizer* 4.3 [13]. As malhas internas foram obtidas utilizando a função *inpolygon* do *Octave* [4], a partir do contorno aproximado das figuras. As áreas das geometrias foram obtidas pelo método de Gauss, onde calcula a área, de polígonos irregulares a partir do conjunto de coordenadas dos vértices do polígono ordenados no sentido anti-horário [1], utilizando a equação (1)

$$\mathbf{A} = \frac{1}{2} \left\{ \begin{vmatrix} x_0 & x_1 \\ y_0 & y_1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} x_1 & x_2 \\ y_1 & y_2 \end{vmatrix} + \dots + \begin{vmatrix} x_{n-2} & x_{n-1} \\ y_{n-2} & y_{n-1} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} x_{n-1} & x_n \\ y_{n-1} & y_n \end{vmatrix} \right\} \quad (1)$$

onde x_n e y_n , representam os pontos a serem utilizados para calcular a área tanto da região do domínio dado e do domínio aproximado.

Utilizando a equação (1), apresenta-se na Tabela 1, diferenças entre as áreas delimitadas pelo contorno dado e aproximado em porcentagens, das geometrias da mama, garrafa e avião, utilizando diferentes refinamentos de malha. Informa-se o número de nós do contorno dado, do contorno obtido nos refinamentos e a quantidade de nós internos, para fins de cálculo de diferenças finitas.

Algoritmo 1: Algoritmo para obter o contorno dado.

Entrada: vetor do contorno dado x_{min} , y_{min} , δ_x e δ_y
Saída: Contorno Aproximada

```
1  início
2      Aproxime a primeira coordenada para o nó mais próximo da malha;
3      Adicione o nó obtido ao contorno aproximado
4      para  $i \leftarrow 2$ ;  $i < \text{tamanho do contorno dado}$ ;  $i++$  faça
5          Calcule a diferença entre o ponto atual e o anterior do contorno dado,
            tanto para  $x(v_x)$  quanto para  $y(v_y)$ ;
6          Calcule o número de nós entre o último nó e o ponto atual do contorno dado,
            tanto para  $x(n_x)$  quanto para  $y(n_y)$ ;
7          se  $n_x \geq 1$  ou  $n_y \geq 1$  então
8              se  $v_x == 0$  então
9                  para  $j \leftarrow 1$ ;  $j < n_y$ ;  $j++$  faça
10                     Adicione um novo nó no contorno aproximado,
                        com coordenada igual ao anterior somada com  $\delta_y$ 
11                 fim
12             fim
13             senão, se  $v_y == 0$  então
14                 para  $j \leftarrow 1$ ;  $j < n_x$ ;  $j++$  faça
15                     Adicione um novo nó no contorno aproximado,
                        com coordenada igual ao anterior somada com  $\delta_x$ 
16                 fim
17             fim
18             senão
19                 Calcule o coeficiente angular da reta definida pelo atual e anterior ( $v_y/v_x$ )
20                 enquanto Diferença entre o último nó obtido e o ponto atual em  $x \geq \delta_x$  ou
                        diferença em  $y \geq \delta_y$ 
21                     Calcule os 3 possíveis próximos nós;
22                     Verifique qual é o nó interno mais próximo da reta;
23                     Adicione o nó obtido ao contorno aproximado
24                 fim
25             fim
26             Se Região apresentar convexidade então
27                 enquanto Último nó estiver externo à figura faça
28                     Remova o último nó;
29                 fim
30             fim
31             Senão se Região apresentar convexidade então
32                 Obter o próximo nó, conforme o método anterior
33             fim
34         fim
35     fim
```

Fonte: Os autores.

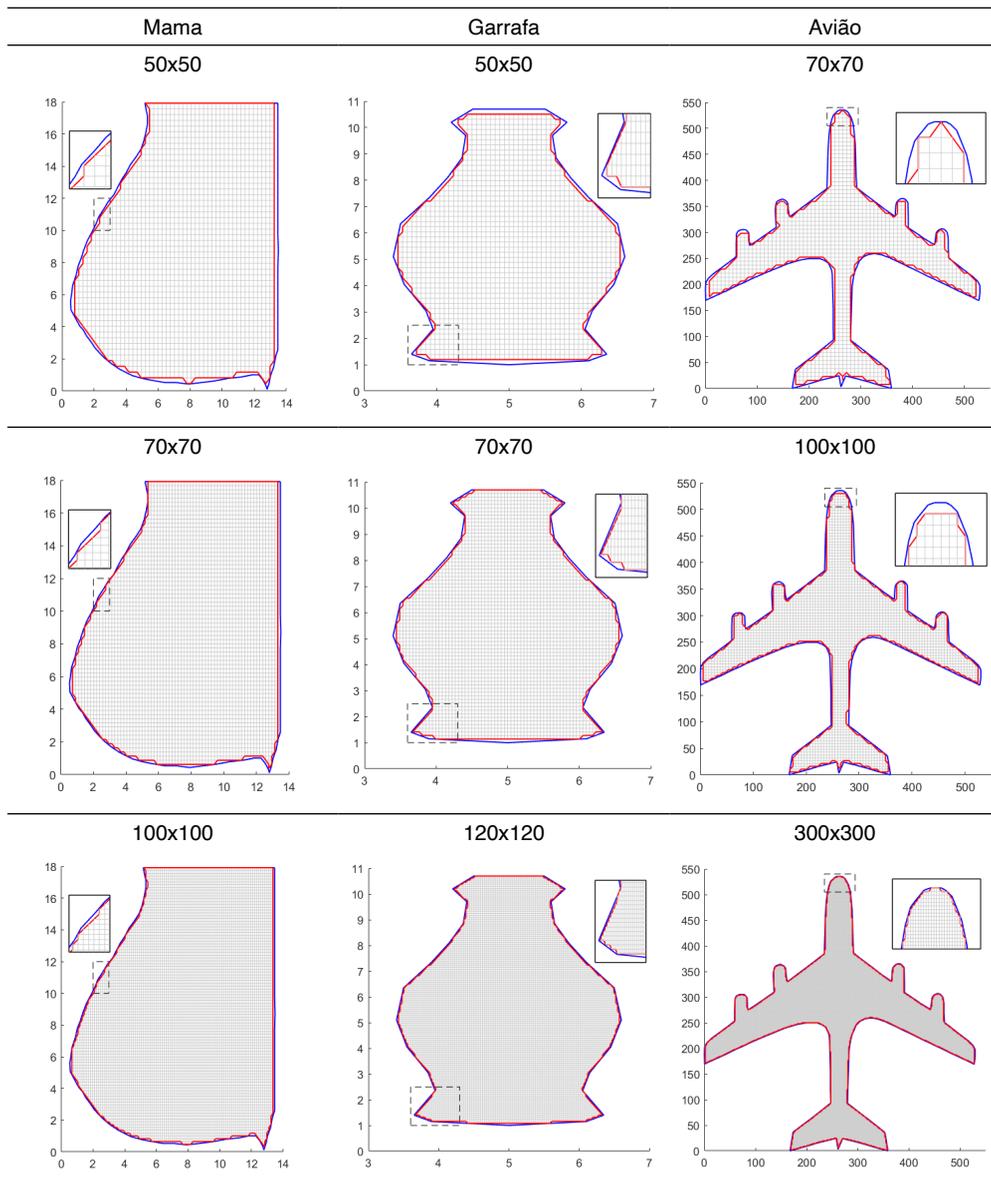
Os refinamentos, definidos por N_i e N_j , $i = 1, 2, \dots, N_x$ e $j = 1, 2, \dots, N_y$, descrevem os números de partições nas direções x e y respectivamente.

$N_i = N_j$	Diferença entre as áreas (%)	Nós no contorno aproximado	Nós internos
Mama - 84 nós no contorno dado			
50	4,3922	164	2000
70	2,8735	232	3934
80	2,6452	265	5131
100	1,9865	332	8029
120	1,6248	398	11564
150	1,2510	501	18075
200	0,8677	665	32144
250	0,6287	835	50242
300	0,5073	1002	72336
Garrafa - 30 nós no contorno dado			
50	5,4397	164	2000
70	3,2493	232	3934
80	2,6453	265	5131
100	2,6869	332	8029
120	1,8939	398	11564
150	1,7630	501	18075
200	1,2857	665	32144
250	1,0239	835	50242
300	0,8344	1002	72336
Avião - 230 nós no contorno dado			
70	11,6311	294	1239
100	9,0347	430	2508
150	5,5745	649	5680
200	4,5470	871	10060
300	2,9122	1313	22683
350	2,5392	1533	30862
400	2,2523	1754	40301
450	1,9190	1975	51053
500	1,7194	2196	63033

Tabela 1. Resultados obtidos nas geometrias da mama.

Fonte: Os autores.

Na Tabela 2 têm-se os resultados dos contornos dados e aproximados e, as malhas geradas pelo Algoritmo 1, considerando as geometrias da mama, garrafa e avião em quatro dos nove refinamentos dados na Tabelas 1.



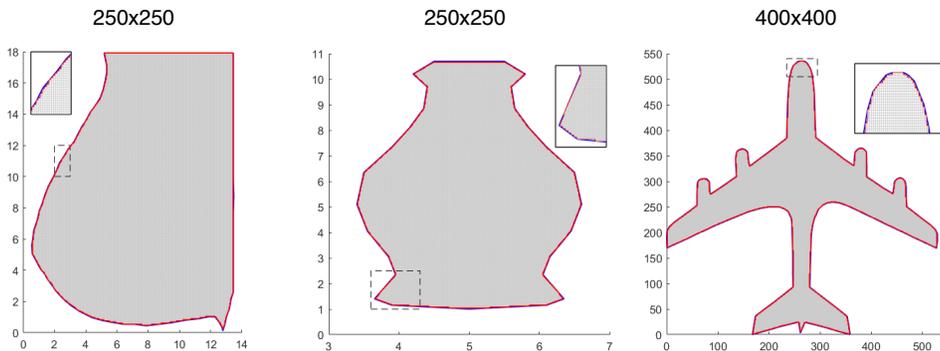
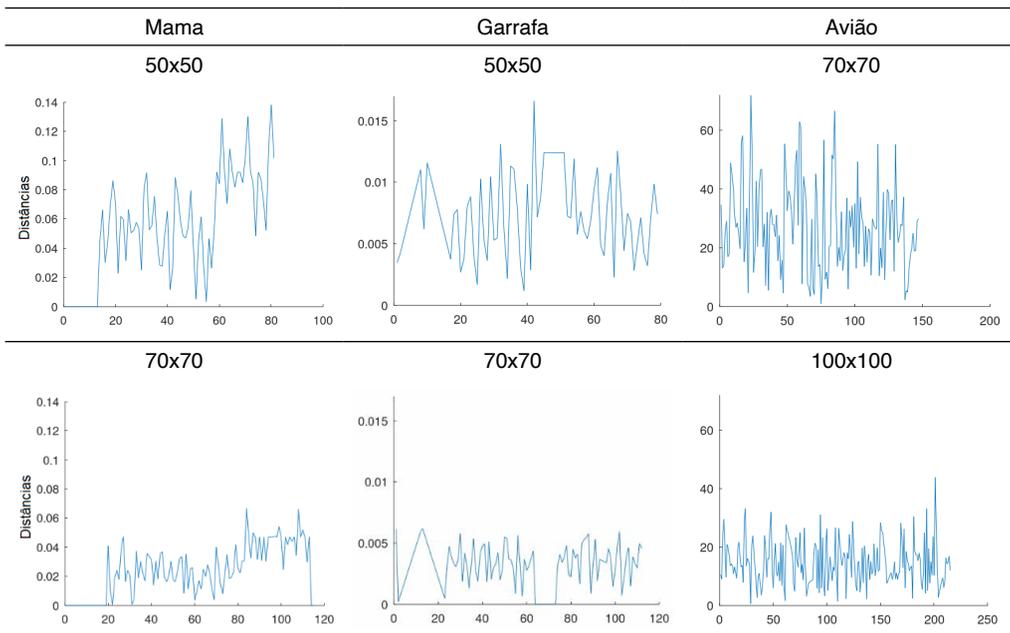


Tabela 2. Resultados obtidos dos contornos dados e aproximados e, malhas considerando as geometrias da mama, garrafa e avião.

Fonte: Os autores.

Verifica-se na Tabelas 1 e 2, como era esperado, que com o refinamento das malhas as diferenças entre as áreas delimitadas pelo contorno dado e aproximado diminuem.

Por fim, as figuras na Tabela 3, apresentam resultados das distâncias entre os nós do contorno aproximado e do contorno dado, para cada ponto da fronteira obtida sobre os nós da malha.



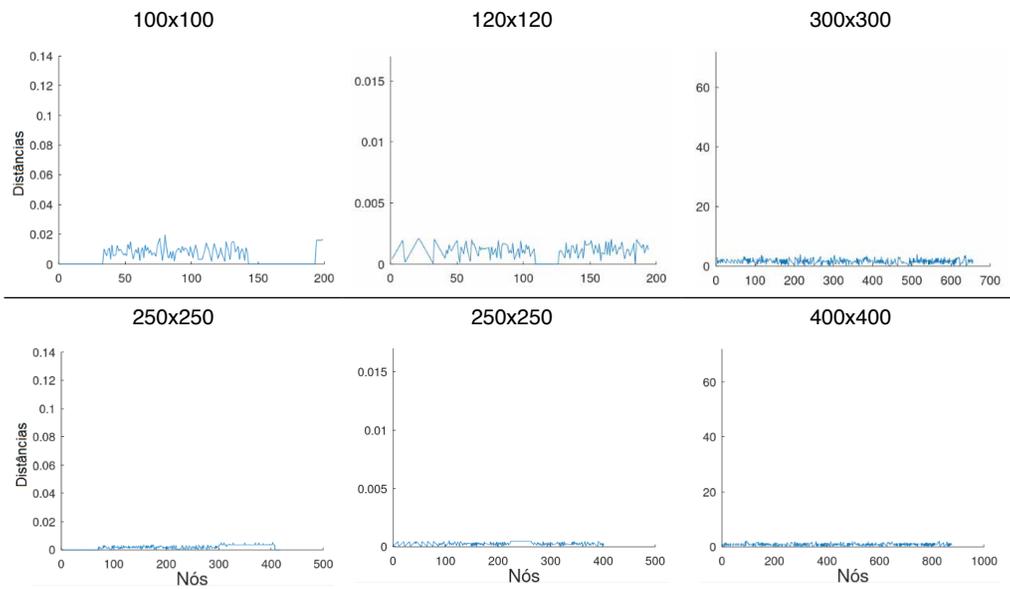


Tabela 3. Resultados das distâncias entre os nós no contorno dado e aproximado, considerando as geometrias da mama, garrafa e avião.

Fonte: Os autores.

Para os resultados apresentados na Tabela 5, optou-se em manter a escala no eixo que descreve as distâncias entre os nós do contorno aproximado e do contorno dado, para uma melhor visualização das diferenças. Observa-se que com o aumento de partições N_i e N_p o número de nós, no contorno aproximado, aumenta significativamente e a diferença entre as distâncias entre os nós do contorno aproximado e do contorno dado diminuem.

Destaca-se que uma das vantagens do algoritmo desenvolvido, refere-se a detectar todos os nós do contorno sobre os pontos de malha, possibilitando o cálculo de diferenças finitas para fins de simulações numéricas de fenômenos como o crescimento tumoral na geometria da mama, a distribuição de calor na geometria da garrafa, análise de escoamento de aeronaves.

CONCLUSÃO

Desenvolveu-se, neste trabalho, um algoritmo que descreve o contorno aproximado de uma região irregular. O algoritmo resultou em geometrias próximas as geometrias do domínio dado, observou-se que o contorno dado e o contorno aproximado, com o refinamento, tornam-se cada vez mais próximos, comprovando que a diferença entre as áreas delimitadas pelos contornos diminui.

Observou-se que, mesmo utilizando um maior número de nós nas malhas, a geometria do avião apresenta diferenças de áreas maiores em comparação com as outras figuras. Entre os motivos pelo quais isso ocorre, pode-se citar a complexidade da geometria

e a grande quantidade de pontos no contorno dado, tornando necessário malhas mais refinadas, para obter diferenças de áreas abaixo de 2%. Além disso, é possível observar que o avião possui região interna mais estreita comparada às outras figuras, fazendo com que as diferenças presentes no contorno se tornem mais relevantes comparadas à área total.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do grupo de pesquisa vinculado ao laboratório de simulação e análise numérica (LabSan) da Universidade Estadual de Londrina. Silva, P. Z agradece o apoio do CNPq sob o processo 152547/2019-3.

REFERÊNCIAS

- [1] BRADEN, B. The surveyor's area formula. *The College Mathematics Journal*, 17, 4, (1986), 326–337.
- [2] CODINA, R., BAIGES, J. Approximate imposition of boundary conditions in immersed boundary methods. *International Journal for Numerical Methods in Engineering* 80, 11 (2009), 1379–1405.
- [3] CUMINATO, J. A., AND MENEGUETTE, M. *Discretização de equações diferenciais parciais: técnicas de diferenças finitas*. Sociedade Brasileira de Matemática, 2013.
- [4] Eaton, J. W. GNU Octave (version 6.2.0). <https://octave.org/doc/v6.2.0/>. Acesso em janeiro de 2021.
- [5] FERNÁNDEZ-FIDALGO, J., CLAIN, S., RAMÍREZ, L., COLOMINAS, I., NOGUEIRA, X. Very high-order method on immersed curved domains for finite difference schemes with regular cartesian grids. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering* 360 (2020), 112782.
- [6] FOUCHER, F., IBRAHIM, M., SAAD, M. Convergence of a positive nonlinear control volume finite element scheme for solving an anisotropic degenerate breast cancer development model. *Computers Mathematics with Applications* 76, 3 (2018), 551 – 578.
- [7] FUKUCHI, T. Finite difference method and algebraic polynomial interpolation for numerically solving Poisson's equation over arbitrary domains. *AIP Advances* 4, 6 (2014), 060701.
- [8] JOMAA, Z., MACASKILL, C. The embedded finite difference method for the Poisson equation in a domain with an irregular boundary and dirichlet boundary conditions. *Journal of Computational Physics* 202, 2 (2005), 488 – 506.
- [9] MAGANIN, J.; ROMEIRO, N. M. L.; CIRILO, E. R.; NATTI, P. L. Simulação de um modelo matemático de crescimento tumoral utilizando diferenças finitas. *Brazilian Journal of Development*, 6, 11, (2020), 87696-87709.
- [10] NAOZUKA, G. T. *Geração e análise de qualidade de malhas computacionais em coordenadas curvilíneas*. Dissertação, Universidade Estadual de Londrina – Departamento de Ciência da Computação, Londrina, Pr, Brasil, 2018.

[11] NAOZUKA, G. T.; ROMEIRO, N. M. L.; FELINTO, A. S.; NATTI, P. L.; CIRILO, E. R. Two-dimensional mesh generator and quality analysis of elements on the curvilinear coordinates system. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, 42, 1 (2021), 29–44.

[12] OTHECHAR, P. F. S. *Análise de métodos numéricos de diferenças finitas para solução da equação de Poisson em domínios irregulares*. Dissertação, Programa de Pós-graduação em Matemática Aplicada e Computacional da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, SP, Brasil, 2013.

[13] ROHATGI, A. Webplotdigitizer – versão 4.3. <<https://automeris.io/WebPlotDigitizer>>, 2020. Acesso em dezembro de 2020.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Algoritmo 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 70, 82, 120, 168, 169, 182, 257, 262, 265, 322, 330

Análise avançada 53, 54, 55, 68

Análise computacional 84, 103

Análise estrutural 55, 71, 82, 84, 85, 92, 93, 94, 95, 97, 103, 109, 110, 111

Aprendizado 13, 174, 193, 194, 197, 208, 215, 224, 268

B

Bullying 206, 207, 208, 210, 211, 212, 213, 214

C

Carga crítica 143, 144, 147, 148, 149, 152, 153

Computational fluid dynamics 329, 330, 350

Constitutive model 1, 2, 5, 6, 10

Contorno 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 71, 299

Controlador neural 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 179

Controle 19, 119, 120, 131, 168, 169, 171, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 240, 295, 312, 352, 353, 356, 358

D

Deep learning 131, 132, 134, 135, 136, 137, 138, 141, 142

Descarte adequado 198

Desenvolvimento 11, 12, 14, 15, 17, 20, 21, 35, 36, 40, 44, 82, 83, 193, 194, 195, 197, 198, 199, 200, 205, 206, 208, 209, 210, 211, 215, 216, 217, 221, 225, 226, 227, 254, 260, 265, 281, 294, 327, 352, 354, 357, 359, 361, 362, 363, 364

Design patterns 155, 156, 166, 167, 226, 227, 228, 230, 231, 234, 238

Diferenças finitas 38, 39, 40, 45, 50, 51, 52, 315

Digital 167, 197, 206, 207, 210, 213, 239, 243, 319, 320, 358, 359, 360, 362, 363, 365

Drop test 131, 132, 133, 134, 135, 141

E

Educação 12, 13, 14, 21, 53, 68, 70, 191, 193, 195, 197, 208, 212, 215, 225, 279, 290, 311, 326, 359, 366

Educacional 14, 82, 206, 208, 209

Elemento hexaédrico 70, 72, 75, 77

Elementos finitos 53, 55, 69, 70, 71, 72, 83, 279, 280, 281, 285, 286, 290, 291, 294, 297,

299, 303, 306, 309, 321

Equações diferenciais 39, 40, 44, 51, 71, 294

Estabilidade estrutural 143

Estatística 21, 215, 216, 217, 218, 224, 225

Estrutura 17, 38, 54, 71, 72, 75, 77, 78, 81, 82, 84, 85, 87, 89, 90, 91, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 106, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 152, 218, 221, 253, 266, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 286, 288, 291, 292, 293, 297, 298, 302, 309, 362, 363

F

Ferramenta 15, 18, 22, 39, 193, 194, 195, 196, 200, 204, 210, 211, 216, 224, 294, 313, 354, 356, 360, 361, 363

Frequências naturais 143, 144, 146, 147, 149, 150, 151, 152, 153

Fundação elástica 143

G

Geometria irregular 38

Gestão de processos 351, 352, 354, 355, 358

I

Imperfeições geométricas iniciais 53, 54, 55, 62, 64, 67, 69

Inclusão 29, 33, 35, 36, 67, 68, 197, 359, 360

Industrial process 131

Informação 12, 21, 193, 205, 216, 351, 354, 355, 356, 357, 358, 360, 366

Inovação 86, 104, 105, 193, 366

Interfaces 215, 216, 225, 231, 232, 233, 234, 235, 361

J

Jogo 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 206, 207, 209, 210, 211, 212, 213

L

Layout 221, 222, 359, 360, 362

Libras 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22

M

Malha 38, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50, 72, 79, 108, 182, 285, 299, 303, 304, 313, 321, 322, 326

Modelagem 31, 33, 35, 36, 38, 39, 70, 72, 149, 194, 251, 255, 268, 280, 285, 294, 295, 299, 305, 351, 352, 353, 354, 356, 357, 358

Modos incompatíveis 70, 72, 75, 76, 77, 79, 80, 82, 83

O

Oscar Niemeyer 84, 85, 86, 87, 89, 101, 102, 103, 104, 105, 118

P

Pasternak 143, 144, 145, 149, 151, 153, 154

Processos 82, 171, 240, 312, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 361

Programação 72, 211, 215, 224, 361

Programas 55, 205, 206, 210, 214, 294, 359

Projeto socioambiental 198

R

Realidade aumentada 193, 194, 195, 196, 197

Rede neural 168, 169, 171, 175

Resistência 53, 54, 55, 56, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 89, 96, 131, 145, 255, 256, 258, 261, 262, 263, 280, 294, 314

Robô 168, 169, 170, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179

Robótica 168

RPG 11, 12, 15, 16, 18

RStudio 215, 216, 217, 218, 220, 224, 225

S

Shiny 215, 216, 217, 218, 220, 221, 224, 225

Simulações 23, 24, 30, 31, 33, 35, 38, 44, 50, 168, 169, 175, 181, 311, 312, 326, 329

Sobretensões de manobras 23, 24, 25, 29, 30

Software 1, 6, 12, 18, 40, 53, 55, 66, 70, 71, 72, 77, 79, 80, 82, 103, 155, 156, 157, 158, 159, 166, 167, 196, 210, 215, 216, 217, 218, 220, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 235, 237, 238, 239, 256, 257, 263, 265, 266, 267, 281, 285, 297, 299, 300, 311, 320, 321, 330, 356, 357, 359, 360, 363, 364

Stable hysteresis cycle 1, 3, 9

Summarization 329, 330, 331, 332, 343, 349, 350

Supressores de surto 23, 25, 28, 29, 30, 33, 34, 35, 36

Sustentabilidade 198, 199

T

Tecnologia 11, 12, 21, 54, 70, 168, 193, 194, 196, 197, 206, 208, 215, 279, 290, 311, 326, 351, 355, 358, 359, 362, 366

Tensão 1, 24, 25, 26, 27, 28, 33, 34, 59, 62, 63, 66, 67, 75, 170, 255, 256, 258, 260, 261,

266, 295

Tensões residuais 53, 54, 55, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69

Transformadores 23, 24, 25, 28, 30, 34, 35, 36

Transitórios eletromagnéticos 23, 24, 31

W

Web 54, 194, 195, 196, 200, 215, 216, 217, 218, 221, 222, 225, 355, 359, 360, 361, 362, 363, 365

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

-  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

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