

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 Federaci 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

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 HETEROGENEOS MULSTISCALE

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

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

Data de aceite: 02/08/2021

Data de submissão: 05/05/2021

Jéssica Ferreira Borges

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil (PECC)
Brasília-DF, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9744349115663657>

Luciano Mendes Bezerra

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil (PECC)
Brasília-DF, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1036591688457986>

Francisco Evangelista Jr

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil (PECC)
Brasília-DF, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1213553571707025>

Valdeir Francisco de Paula

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – IFG
Goiânia – GO, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5007301276663813>

RESUMO: A tensão de ruptura da seção líquida efetiva (R_{Nt}) leva em conta o fenômeno de “*Shear Lag*”, que para cálculo é incorporado através do coeficiente C_t . Atualmente há um grande interesse

das normas brasileiras, americanas e europeias - que lidam com perfis em chapa dobrada - em determinar expressões mais confiáveis para o cálculo de C_t , pois ocasiona uma redução considerável na capacidade de força do perfil. Diferentes trabalhos apresentaram equações para calcular C_t através do uso da regressão dos ensaios. Assim, esse trabalho irá utilizar dados de ensaios de perfis cantoneira para avaliar a aproximação com os valores das previsões de resistências do estado limite de ruptura da seção líquida obtidas pelas equações de Yip e Cheng (2000), a da ABNT NBR 14762:2001, a de Paula (2006), a de Yu e LaBoube (2010), da NBR 14762:2010 e a da AISI (2016). As menores variações da razão entre a resistência ao rompimento do ensaio e a previsão matemática garantem mais economia e segurança, como é o caso do Paula (2006 e 2008) que apresentaram baixa variação para 3 e 4 seções de conectores. Também avalia a probabilidade de falha das equações para as diversas situações de ensaio para auxiliar os projetistas nas escolhas de suas formulações.

PALAVRAS - CHAVE: Conexões parafusadas, Fator Shear lag, Chapa dobrada, Probabilidade de Falha.

INFLUENCE OF THE NUMBER OF BOLTED SECTION ON EFFICIENCY THE NET SECTION RUPTURE OF ANGLE COLD-FORMED STEEL

ABSTRACT: The net section rupture (R_{Nt}) takes into account the phenomenon “*Shear Lag*”, which for calculation is incorporated through the coefficient C_t . Actually has a big interest in

Brazilian, American and European standards – which deal with angle cold-formed-steel – in determining more reliable expressions for the calculation of C_t , as it cause a considerable reduction in the capacity cold-formed steel. Different studies have presented equations for calculating C_t through datas the use of regression. Thus, this work will use test data from angle sections to evaluate the approximation with the values of the resistance predictions of the limit state of the net section rupture obtained by the equations of Yip and Cheng (2000), of ABNT NBR 14762:2001, of Paula (2006), of Yu e LaBoube (2010), of NBR 14762:2010 and AISI (2016). The smallest variations in the ratio between the ultimate experiment force and ultimate prediction force guarantee more economy and safety, as is the case of Paula (2006 and 2008), wich presented a low variation for 3 and 4 bolted sections. It also evaluate the failure probability of the equations for the different experiments situations to assist designers in choosing their formulations.

KEYWORDS: Bolted connection, Shear lag, Cold-formed steel, failure probability.

1 | INTRODUÇÃO

A ruptura dos perfis metálicos tracionados ocorre normalmente na região das conexões, devido à concentração de tensões e a redução da área do perfil. Nas peças conectadas por parafusos esses fatores atuam juntos, onde a redução da área bruta é definida facilmente pela subtração do comprimento dos furos dos conectores no comprimento da aba. Já a concentração de tensões varia dependendo da geometria escolhida para as conexões. A distribuição de tensão não ocorre uniformemente em toda a área da seção bruta e esse efeito é denominado de “*Shear lag*” (HOLCOMB, YU e LABOUBE, 1995).

Através de regressões dos resultados experimentais diversas equações têm sido desenvolvidas para encontrar um fator que represente o “*Shear lag*”, que são denominadas de coeficiente de redução de área líquida (C_t). Alguns pesquisadores vêm desenvolvendo equações para representar o C_t , como Yip e Cheng (2000), Paula (2006), Bolandim et al. (2013), Clements e Teh (2013), Liu et al (2014), Teh e Gilbert (2013, 2014), Yu e Panyanouvong (2013).

Além dos pesquisadores citados, vale analisar as equações propostas pela especificação brasileira (NBR 14762) e americana (AISI), que foram atualizadas recentemente e que fundamentam as previsões de ruptura dos projetos. Mas como C_t é um fator para corrigir a não uniformidade da tensão na seção, ele varia devido às geometrias das conexões e os modos de contato entre o parafuso e os perfis.

De modo a avaliar essa interferência, esse trabalho irá aferir a aderência de forças de tração experimentais com as predições das formulações especificadas em Yip e Cheng (2000), ABNT NBR 14762:2001, Paula (2006), ABNT NBR 14762:2010, Yu e LaBoube (2010) e AISI (2016). Os valores experimentais foram obtidos do trabalho de Paula (2006) que consta de diferentes combinações geométricas dimensionadas para romper pela seção líquida. Sendo que, com a razão desses valores se conseguirá avaliar a proximidade

entre o valor real e a predição, indicando em quais casos não é conveniente utilizar dada formulação por apresentar muito conservador ou resultar em falha.

2 | METODOLOGIA

Em um primeiro momento, foi levantado os dados experimentais realizados em Paula (2006) de perfis cantoneira ensaiados à tração conectados a uma chapa *Gusset*, com diferentes geometrias e metodologias de fixação. Buscando melhorar a análise, entende-se que o “*Shear lag*” terá mais influência com a mudança do número de seções de conectores, com o modo de realização dos furos, com a distância entre os furos, uso ou não de arruelas. Para representação dividiu os ensaios em grupos nomeados com a simbologia apresentada na Tabela 1. Nos ensaios também variou a dimensão dos perfis, ensaiando-os nas medidas 50x50 mm, 80x80 mm, 100x100 mm, 50x80 mm, 50x100 mm e 80x100 mm com siglas de A à F, respectivamente.

Os ensaios resultaram em 116 experimentos, sendo que a grande parcela foi de cantoneiras conectadas apenas por uma aba. A espessura dos perfis variou de 2,25 mm a 3,75 mm, com intenção de avaliar a influência na não uniformidade de tensão. Utilizou a combinação de conectores em série e em paralelo, variando de 0 a 4 seções transversais de conectores.

Característica	Sigla	Símbolo
Cantoneira simples conectada por uma aba	A - F	A
Afastamento do primeiro furo à borda do perfil na direção da sollicitação (1,5d a 3,5d)	A - F: E	B
Cantoneira conectada pelas 2 abas	A - F: F	C
Cantoneira de abas desiguais conectada pela maior aba	A - F: L	D
Furos executados por punçionamento	A - F: P	E
Parafusos instalados sem aplicação de torque mínimo	A - F: T	F
Parafusos instalados sem uso de arruelas	A - F: W	G
Furos executados com excentricidades variadas	A - F: X	H

Tabela 1. Tipos de conexões

Dos trabalhos escolheu analisar seis equações de estudos consolidadas, sendo elas Yip e Cheng (2000), ABNT NBR 14762:2001, Paula (2006), Yu e LaBoube (2010), ABNT NBR 14762:2010 e AISI (2016). Em todos os casos, os valores de C_f foram obtidos por regressão e o valor de resistência à tração será dependente das variáveis de C_f .

Realizando a razão do valor do ensaio e os valores da resistência prevista por cada formulação, obtém um coeficiente para avaliar a qualidade da equação no valor da predição. Conseguindo avaliar para quais situações cada formulação é melhor aplicável.

Nos casos que este coeficiente for inferior a um significa que a predição da força foi inferior ao valor do ensaio, encontrando um ponto de falha.

3 | REVISÃO TEÓRICA

Diversos teóricos ao longo dos anos realizam experimentos para prever uma equação que represente a perda de área da seção transversal devido à distribuição de tensões no perfil. Em geral, se realiza ensaios de peças submetidas à tração direta em que o valor de C_t é encontrado através da razão entre a carga de ensaio obtida e a carga de ruptura considerando toda a seção transversal como efetiva.

A predição de projeto para os valores da força de tração resistente é encontrada através da equação 1, em que C_t é o coeficiente de redução da área líquida, A_n é a área líquida (Eq. 2) e f_u é a tensão última de ruptura do aço.

$$R_{Nt} = C_t A_n f_u \quad (1)$$

$$A_n = A_g - n_f (d_f + 3,5)t + \sum \frac{4s^2}{g} \quad (2)$$

Em que A_g é a área bruta da seção transversal, n_f é o número de conectores na seção, d_f é o diâmetro do conector, t é a espessura do perfil, s é a distância entre as seções dos conectores e g é a distância entre os conectores perpendicular a linha de ação da força de tração. O último termo da direita da Eq. (2) só é considerado quando a seção analisada fizer um zigue-zague. O coeficiente C_t da Equação 2 varia conforme o perfil a conectar e as configurações dos furos dos conectores.

Como dito anteriormente os valores de C_t acabam englobando os fatores de excentricidades das seções, a não linearidade das tensões na seção do perfil. Essas características são variáveis de ensaio para ensaio, por exemplo, a variação da distribuição de tensão na seção transversal é modificada pela utilização ou não de arruelas e pela aplicação de torque controlado nos parafusos.

Com isso, pesquisadores vêm desenvolvendo fatores para ponderar a área líquida que garantam a confiabilidade da previsão de carga da ruptura. Em geral, essas equações consideram as características geométricas das conexões que levam em conta a (a) espessura da chapa do perfil formado a frio, (b) distância do plano da aba/alma conectada até o centro de gravidade do perfil, (c) comprimento total da ligação parafusada, (d) largura total da aba conectada, (e) largura total da aba desconectada e (f) largura líquida da aba conectada.

Alguns trabalhos que podem ser consultados como referência são Fox e Schusters (2006), Holcomb et. al. (1995), Paula (2006), Yip e Cheng (2000). No próximo subtópico se apresenta as equações para C_t definidas nos trabalhos escolhidos para análise.

3.1 Coeficiente de redução de área líquida

Yip e Cheng (2000) realizaram ensaios com 23 cantoneiras, além de utilizar um software de elementos finitos para validar os modelos. Em sua análise chegou à conclusão de que o coeficiente da área de seção líquida efetiva (C_t) se relacionava com a razão entre o comprimento da aba (b_c) e a espessura da chapa (t), do diâmetro do conector (d), do comprimento da conexão (L) e da excentricidade do perfil (\bar{x}). A equação (3) apresenta o resultado da regressão dos ensaios para o coeficiente de redução da área líquida.

$$C_t = 1 - 0,085 \left(\frac{\bar{x}}{L} \right)^{0,41} \left(\frac{b_c}{t} \right)^{0,36} \left(\frac{b_c}{d} \right)^{0,51} \quad (3)$$

No Brasil, a norma para perfis formados a frio, ABNT NBR 14762, na versão do ano de 2001, e a equação do fator de “*Shear Lag*” depende da quantidade de conectores. Em peças tracionadas com dois conectores ou mais, na linha de ação da força, a redução da área líquida é apresentada pela Eq. (4), sendo que esse valor não deve ser inferior a 0,40 ou superior a 0,90.

$$C_t = 1 - 1,20 \left(\frac{\bar{x}}{L} \right) \quad (4)$$

No caso de perfis com os conectores em uma única seção, o perfil deve ser tratado como chapa equivalente e o coeficiente C_t é encontrado pela Eq. (5).

$$C_t = 2,50 \left(\frac{d}{g} \right) \quad (5)$$

Em que d é o diâmetro do conector e g é o comprimento das abas, para um único conector, ou a distância entre os conectores para dois conectores. Para peças conectadas pelas duas abas esse coeficiente valerá 1. Outra consideração é a redução em 90% da área líquida (A_n) e um coeficiente de redução da força (Eq. 6) por um coeficiente de minoração, γ , de 1,35.

$$N_{t,Rd} = \frac{C_t 0,9 A_n f_u}{\gamma} \quad (6)$$

Em busca de aprimorar o coeficiente de redução da área líquida (C_t), De Paula (2006) realizou uma série de experimentos para através de regressão encontrar uma nova equação para o mesmo. Como desejado a maioria dos perfis rompeu pela seção líquida e a equação regredida é apresentada a seguir (Eq. 7).

$$C_t = 1,12 - 0,29 \left(\frac{\bar{x}}{L} \right) - \frac{0,55b_{cn} + 0,13b_d - 2,51t}{b_c} \quad (7)$$

Em que b_{cn} é a largura líquida da aba conectada, b_c é a largura da aba conectada, b_d é a largura da aba desconectada, t é a espessura do perfil e as demais variáveis já foram especificadas anteriormente.

A partir de novos estudos, a ABNT NBR 14762 foi colocada em revisão, sua última versão entrou em vigor no ano de 2010. Porém, quando se trata de ruptura da seção líquida a única alteração que se teve referente à norma de 2001 foi no coeficiente γ , que mudou de 1,35 para 1,65. Mesmo que essa mudança não interfira no valor de C_t ele modificará na carga de ruptura, encontrando menores valores de resistências com as equações 4, 5 e 6.

Outra vertente publicada nesse mesmo ano foi à atualização do livro de Yu e LaBoube (2010), que na sua terceira edição levava em consideração as relações entre as dimensões das abas conectadas dos perfis e o diâmetro dos conectores, deixando de lado essa formulação. Na nova edição ele adota a Eq. (4) como coeficiente de C_t para perfis cantoneira, restringindo a utilização de conexões com apenas um conector na linha de força. O coeficiente de minoração da carga de tração é de 0,65 segundo a metodologia de *LRFD* dos coeficientes de minoração das resistências.

E por fim a última equação a ser analisada é a AISI:2016, que é a especificação norte americana de perfis formado a frio. A ruptura pela seção líquida dessa especificação deve ser multiplicada por um coeficiente apresentado na Eq. (8), que leva em conta a largura da aba conectada (b_c), a largura da aba desconectada (b_d) e a razão entre a excentricidade e o comprimento da conexão (\bar{x}/L).

$$C_t = \frac{1}{1,1 + \frac{0,5b_d}{b_c + b_d} + 2\left(\frac{\bar{x}}{L}\right)} \quad (8)$$

A carga de tração para ser considerada de projeto deve ser minorada pelo fator de 0,65 definida pela *LRFD*. Na próxima seção será discutido os resultados obtidos de cada embasamento teórico.

4 | DISCUSSÕES

Este item apresentará os resultados encontrados da razão entre a força de ensaio (P) e a predição (R_{Nt}) variando o número de seções de conectores (NS). Apresentando os gráficos de dispersão e as probabilidades de falha de cada uma das configurações das ligações ensaiadas.

5 | RESULTADOS

A metodologia de Yip e Cheng (2000) mostraram uma variação no valor calculado de até o dobro do real, independentemente do número de seções de conectores, como

se vê na Fig. 1. Mesmo com a utilização do coeficiente de minoração da resistência utilizada, nota-se a ocorrência de falha nas configurações quando apenas uma seção está conectada. Para situações com mais de duas seções os valores previstos se deram na maioria dos casos superior ao valor de ensaio, resultando em P/R_{Nt} sempre maiores que 1, apresentando um método conservador.

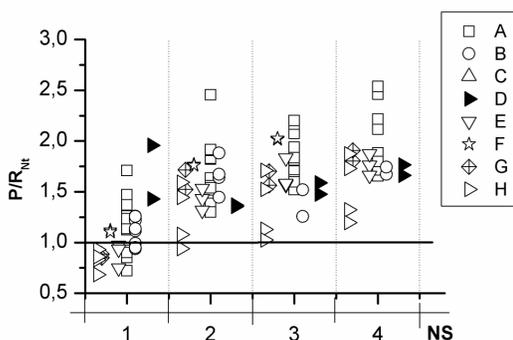


Figura 1. Razão entre a força de tração de ensaio (P) e a predição da carga de ruptura (R_{Nt}) por Yip e Cheng (2000).

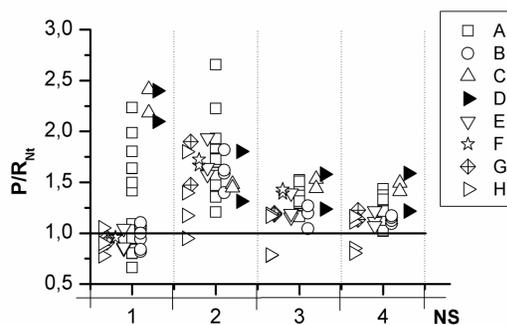


Figura 2. Razão entre a força de tração de ensaio (P) e a predição da carga de ruptura (R_{Nt}) pela ABNT NBR 14762:2001.

Os resultados encontrados com a Eq. 6, ABNT NBR 14762:2001, apresentaram próximos dos valores de ensaio nos casos de 3 e 4 seções (Fig. 2), entretanto para as configurações em que a ligação possuía excentricidades na aba conectada (sigla H) ocorreu falhas, independentemente do número de seções da ligação. Para perfis conectados apenas por uma aba (A) com duas seções transversais ocorreu o aumento da força calculada em até 2,75 o valor de falha do ensaio, diminuindo essa variação quando se utiliza mais seções, ou seja, quando se aumenta o comprimento da conexão (L).

Nos perfis conectados apenas pela maior aba (D) o valor de ensaio se aproxima da predição quando aumenta o número de seções, mas a sua dispersão ocorre em uma mesma taxa. Agora nos casos que o furo foi realizado por puncionamento ou quando não garantiu o torque mínimo o valor da predição apresentou praticamente igual à carga de ensaio, tendo pequena variação, ou seja, a equação de C_i representa bem essa situação.

Com a Eq. 7 desenvolvida por Paula et al (2008) os valores de predição de carga de ruptura apresentaram menor relação com a carga de ensaio, apresentando maior variação para os perfis conectados apenas por uma seção (Fig. 3). Os perfis conectados por mais de uma seção apresentaram baixas variações, o que pode ser explicado pelo fato da regressão da equação 7 ter sido realizada em cima desses dados, mas esse comportamento é o esperado para uma boa equação.

Entretanto os valores do coeficiente tiveram variação de aproximadamente 0,25 para

mais e para menos, resultando em uma elevada probabilidade de falha. Mas vale ressaltar que nessa formulação não foi aplicado nenhum coeficiente de minoração, explicando a diferença com as demais predições.

Comparando a Figura 3 com as Figuras 2 e 1 percebe-se que a Eq. (7) reproduz mais fielmente o comportamento de peças com conectores em mais de uma seção. A razão entre os carregamentos possui pouca variação para mais de duas seções. Indicando que o fator C_1 consegue representar bem a redução de área efetiva.

Como visto na Fig. 4 a ABNT NBR 14762:2001 resultou em valores bem próximos de 1, mesmo utilizando o coeficiente de minoração, talvez por isso com a revisão no ano de 2010 esse valor foi aumentado. Como esperado, a diferença está em menores falhas obtidas em comparação com a predição e os valores dos ensaios. A razão entre a carga de ensaio e a carga de predição também aumentou em comparação com os valores apresentados na Fig. 4 devido à mudança do coeficiente γ .

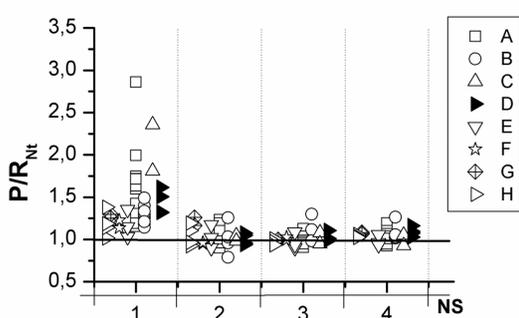


Figura 3. Razão entre a força de tração de ensaio (P) e a predição da carga de ruptura (R_{Nt}) por Paula (2006).

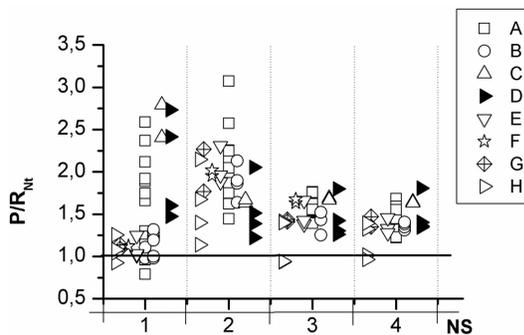


Figura 4. Razão entre a força de tração de ensaio (P) e a predição da carga de ruptura (R_{Nt}) pela ABNT NBR 14762:2010.

Apresentando uma excelente convergência entre a predição e a força de ensaio para 3 e 4 seções com conectores. Agora para um número menor que duas seções conectadas obteve dispersão em todas as geometrias.

No ano de 2010 o livro referência em aço formado a frio foi revisado e a equação a considerar é a mesma da ABNT NBR 14762 o comportamento segundo essa metodologia (Fig. 5) é bem similar aos da Fig. 4 e 2. A dispersão entre os valores de 3 e 4 seções é pequena, mas com o coeficiente de minoração utilizado ele permanece mais econômico, aumentando em média 60% do valor da carga de predição.

O coeficiente de minoração da resistência resulta em mais variação entre o valor real e o valor previsto devido ao aumento da razão entre esses carregamentos, máximo valor de 2,70. Nas combinações com 3 e 4 seções essa formulação apresenta menor variação,

nas situações de apenas uma seção teve alguns casos de ruptura por esmagamento nos ensaios, que também foram considerados, com a resistência calculada através dessa metodologia. Já os que romperam por ruptura da seção líquida com apenas uma seção foram desprezados, pois a Eq. (4) não se aplica a essa situação.

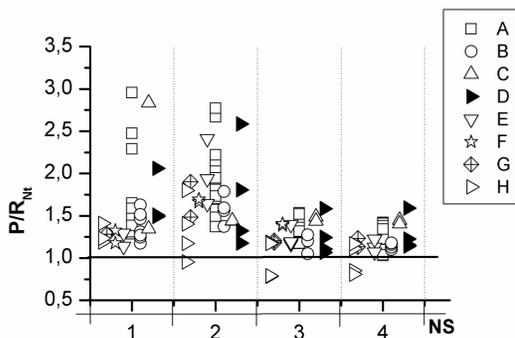


Figura 5. Razão entre a força de tração de ensaio (P) e a predição da carga de ruptura (R_{Nt}) por Yu e LaBoube (2010).

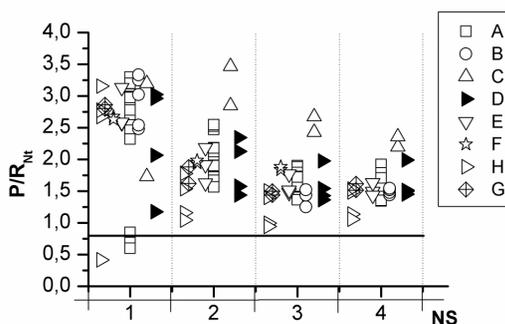


Figura 6. Razão entre a força de tração de ensaio e a predição da carga de ruptura pela AISI:2016.

Agora com a equação 8 se analisa a predição da norma americana para perfil formado a frio (AISI, 2016). Na mesma, também é especificado a equação para hipótese de ruptura por rasgamento, sendo que nos casos experimentais que apresentaram esse rompimento se utilizou a formulação para esse tipo de ruptura. Na Fig. 6 é apresentada a dispersão dos valores encontrados por essa metodologia, nota-se que a dispersão para situações de 3 e 4 seções de conectores resultou em uma baixa dispersão, aproximadamente 0,75. Mas nos casos de 1 e 2 seções ocorreu dispersão em torno de 1. No caso de mais de duas seções o coeficiente de minoração da norma resultou em falha nula, ocorrendo apenas nos casos de única seção de conectores.

Em geral se realizou a análise dessas sete especificações de cálculo para predição da ruptura de peças tracionadas pela seção líquida, no entanto em algumas situações ocorreu a ineficiência da predição de carga, ou seja, em todos os momentos que a razão foi inferior a 1,00. Permitindo avaliar a probabilidade de falha (p_f) para cada uma das configurações das ligações, conseguindo estabelecer em quais situações as formulações são inadequadas. Os valores das p_f estão apresentados na Figura 7, aonde apresenta que a maior p_f encontrada em todas as configurações são as predições realizadas por Paula (2006), seguido da formulação de Yip e Cheng (2000), principalmente para peças com conexões excêntricas (H) na aba conectada.

Os valores com piores predições foram os que apresentam a excentricidade das conexões nas formulações e consideram a distância entre os conectores e a chapa Gusset,

mas não consideram a posição do conector na aba, como a ABNT NBR 14762. Note que com o aumento do coeficiente de minoração da NBR 14762:2010 não ocorreu quase nenhuma falha das conexões.

Vale ressaltar que não foi utilizado nenhum coeficiente de redução nos valores do trabalho de Paula (2006), com função de tornar uma força de tração de projeto, por este motivo essa quantidade elevada de falhas pode ser corrigida com a inserção deste coeficiente de minoração. Mesmo com o coeficiente de minoração de projeto as formulações dos códigos brasileiro e europeu possuem falhas de aproximadamente 5% no caso A, mais comum.

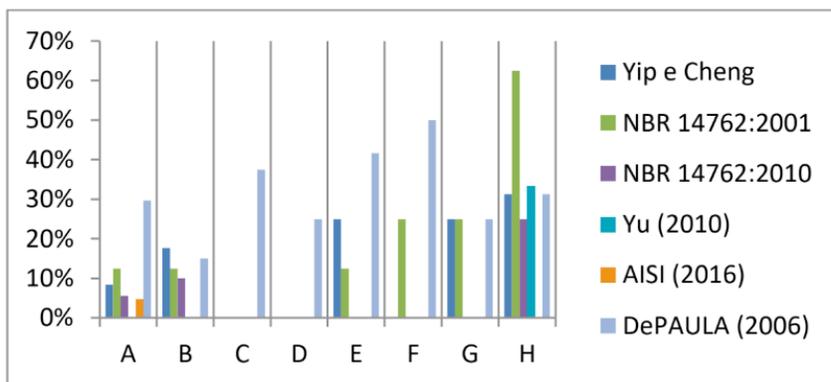


Figura 7. Porcentagem de predição de falha para cada uma das formulações e configurações das conexões.

Portanto, para determinada configuração geométrica pode-se julgar qual a melhor equação para prever essa ruptura, sendo a que não apresentou falha na Figura 7 e que a razão entre os carregamentos possui pouca variação do seu valor médio. Conclui que o caso em que as conexões ocorrem de modo excêntrico não são bem determinadas pelas equações.

6 | CONCLUSÕES

O cálculo da área líquida efetiva do perfil submetido à tração é encontrado através da fatoração da área líquida por um coeficiente que será responsável por transmitir a variação da distribuição das tensões na seção. As equações de predições desses coeficientes são encontradas por processos de regressão que podem variar de acordo com as variáveis escolhidas, com as configurações de ensaio e à qualidade de execução do mesmo.

Notou-se que de todas as especificações consideradas ocorre uma variação na razão entre a carga de ensaio e a predição de carga, quanto menor for essa variação mais preciso será a equação para a predição da real carga de ruptura. Quase todas as especificações

aqui utilizadas ainda especificam qual o coeficiente de minoração da resistência se deve utilizar, garantindo uma margem de segurança para as predições.

Devido à maioria das equações de C_t utilizarem como variáveis o comprimento da conexão, escolheu analisar a variação da razão de carga ensaiada e a predição de carga com o número de seções da conexão. Concluindo que a maioria das equações de C_t conseguem prever melhor o valor de ruptura das conexões com 3 ou 4 seções ao longo da linha do carregamento, apenas a equação de Yip e Cheng (2000) apresentou quase a mesma variação da razão para qualquer valor de seção.

Como nos ensaios se utilizou diversas configurações de conexões, a avaliação das falhas ocorreu de modo separado para identificar quais as configurações às formulações eram mais falhas na predição, concluindo que a maior probabilidade de falha foi encontrada quando se utilizou as equações de Paula (2006), seguido da ABNT NBR 14762:2001, principalmente quando os conectores possuíam excentricidade com a aba do perfil conectado. As falhas encontradas em Paula (2006) serão minoradas com o uso do coeficiente de ponderação, implicando que essas falhas tenderam a não existir.

Outra consideração importante a se analisar é que todos os seis modos de predição apresentaram maior probabilidade de falha para o caso com excentricidade da conexão na aba, indicando que as predições de C_t não estão considerando a variação de tensão causada pelo momento no perfil. Implicando em uma consequência a ser analisada como variável. E todas as equações descritas não representam bem situações de ligações com uma única seção de conectores.

REFERÊNCIAS

American Institute of Steel Construction – AISC, 2016. *Specification for structural steel buildings*. Chicago, IL.

American Iron and Steel Institute – AISI, 2016. *Edition of the specification for the design of cold-formed steel structural members*. Washington DC.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 2001. *NBR 14.762 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio – Procedimento*. Rio de Janeiro.

_____ – ABNT, 2010. *NBR 14.762 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio – Procedimento*. Rio de Janeiro.

Bolandim EA, Beck AT and Malite M., 2013. Bolted connections in cold-formed steel: reliability analysis for rupture in net section. *Journal of Structural Engineering* 139(5): 748–756.

Clements, D.D.A. and Teh L. H., 2013. Active shear planes of bolted connections failing in block shear. *Journal of Structural Engineering* 139(3): 320–327.

Fox, D. M.; Schuster, R. M., 2006. Single bolted tension member design—A new approach. Proc., *18th Int. Speciality Conf. ColdFormed Steel Structures*, University of Missouri, Rolla, MO, 695–713.

Holcomb, B.D.; Yu, W. W.; LaBoube, R.A., 1995. Tensile and bearing capacities of bolted connections. *Second Summary Report, Civil Engineering Study 95-1*. University of Missouri-Rolla.

Liu J., Xu L. and Fox S., 2014. Structural strength of lapped cold-formed steel Z-shaped purlin connections with vertical slotted holes. In: *22nd international specialty conference on cold-formed steel design and construction*, St Louis, MO, 5–6 November, pp. 697–712. Rolla, MO: Missouri University of Science and Technology.

Paula, V. F. de, 2006. *Análise Experimental e Numérica de Cantoneiras de Aço Formadas a Frio, sob Tração e Conectadas por Parafusos*, Publicação n.º E.TD 005A/06, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 167p.

Paula, V. F. de; Bezerra, L. M.; Matias, W. T., 2008. Efficiency reduction due to shear lag on cold-formed steel angles connected with bolts. *Journal of Constructional Steel Research*. VI. 64.

Prabha, P.; Jayachandran, S. A.; Saravanan, M.; Marimuthu, V., 2011. Prediction of the tensile capacity of cold formed angles experiencing shear lag. *Thin-Walled Structures*, 49 (2011), 1348 – 1358.

Rogers, C. A., Hancock, G. J., 1998. Bolted connection tests of thin G550 and G300 sheet steels. *J. Struct. Eng.*, 124(7), 798–808.

Teh L. H. and Gilbert B. P., 2013b. Net section tension capacity of cold-reduced sheet steel channel braces bolted at the web. *Journal of Structural Engineering* 139(5): 740–747.

Teh L. H. and Gilbert B. P., 2014a. Design equations for tensile rupture resistance of bolted connections in cold-formed steel members. In: *22nd international specialty conference on cold-formed steel design and construction*, St Louis, MO, 5–6 November, pp. 713–728. Rolla, MO: Missouri University of Science and Technology.

Teh L. H. and Gilbert B. P., 2014b. Net section tension capacity of equal angle braces bolted at different legs. *Journal of Structural Engineering* 140(6): 06014002.

Teh L. H. and Gilbert B.P., 2013a. Net section tension capacity of cold-reduced sheet steel angle braces bolted at one leg. *Journal of Structural Engineering* 139(3): 328–337.

Teh, L. H. and Gilbert, Benoit P., 2012. In-plane Shear Lag of Bolted Connections. *International Specialty Conference on Cold Formed Steel Structures*. 2.

Teh, L. H.; ASCE, A. M.; Gilbert, B. P., 2012. Net section tension capacity of bolted connections in cold-reduced steel sheets. *J. Struct. Eng.*, 138 (3), 337 – 345.

Yip, A. S.; Cheng, J. J. R. *Structural Engineering Report No. 233: Shear lag in bolted cold-formed steel angles and channels in tension*. Department of Civil & Environmental Engineering, University of Alberta.

Yu C. and Xu K., 2013. Shear strength of a cold-formed steel sheet in bolted connections using oversized holes. *Journal of Structural Engineering*, 139(5): 860–864.

Yu, W. W., LaBoube, R. A., 2000. *Cold-formed Steel Design*, 3rd Ed., New York, John Wiley & Sons, Inc..

Yu, W. W., LaBoube, R. A., 2010. *Cold-formed Steel Design*, 4rd Ed., New York, John Wiley & Sons, Inc.

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