

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

Linguística, Letras e Artes

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

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 MULTI-OBJECTIVE 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

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

Data de aceite: 02/08/2021

Data de submissão: 14/05/2021

Stefano Galimi

Universidade de Brasília, Departamento de
Arquitetura e Urbanismo
Brasília, Distrito Federal, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4125619616157365>

Márcio Augusto Roma Buzar

Universidade de Brasília, Departamento de
Arquitetura e Urbanismo
Brasília, Distrito Federal, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6339433870219875>

Marco Aurélio Bessa

Universidade de Brasília, Departamento de
Arquitetura e Urbanismo
Brasília, Distrito Federal, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3483982185862072>

Leonardo da Silveira Pirillo Inojosa

Universidade de Brasília, Departamento de
Arquitetura e Urbanismo
Brasília, Distrito Federal, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5722842765569602>

RESUMO: A relação entre a forma e a estrutura da Procuradoria Geral da República do Brasil, projetada pelo arquiteto Óscar Niemeyer, define o enquadramento do desenho arquitetônico. As formas geométricas deste conjunto, formadas por dois edifícios principais, são realizadas por duas tecnologias construtivas e diferentes soluções estruturais. O sistema de construção

predominante usado para a construção do bloco “A”, é o concreto protendido com um sistema suspenso por cabos de aço. Todo o peso do edifício é transferido para o núcleo rígido central, que o descarrega para as fundações. Considerando o sistema estrutural reforçado, foram utilizados pilares metálicos para a concretagem da laje do primeiro andar, permitindo o suporte temporário do edifício. José Carlos Süssekind foi o engenheiro responsável pelo projeto estrutural do complexo arquitetônico. Através de uma análise computacional realizada através do programa SAP2000, foi possível identificar os modelos estruturais do edifício para obter dados numéricos que representam os esforços e as tensões que coexistem nesta obra prima. Para a análise estrutural, foram consideradas três hipóteses de carga: Carga Permanente (G), Carga Acidental (Q) e carga de Vento (V).

PALAVRAS-CHAVE: Estrutura, Análise estrutural, Análise computacional, Oscar Niemeyer, Procuradoria Geral da República.

STRUCTURAL ANALYSIS OF THE HEADQUARTERS BUILDING OF THE ATTORNEY GENERAL OF THE REPUBLIC: THE CASE STUDY OF BLOCK “A”

ABSTRACT: The relationship between the form and the structure of the Attorney General’s Office of the Republic of Brazil, designed by the architect Oscar Niemeyer, defines the framework of the architectural design. The geometric shapes of this complex, formed by two main buildings, are made by two different construction technologies

and different solutions. The predominant construction system used for the construction of the “A” block is prestressed concrete with a system suspended by steel cables. The entire weight of the building is transferred to the central rigid core, which unloads it to the foundations. Considering the reinforced structural system, metal pillars were used for concreting the slab on the first floor, allowing the temporary support of the building. José Carlos Süssekind was the engineer responsible for the structural design of the architectural complex. Through a computational analysis carried out using the SAP2000 program, it was possible to identify the structural models of the building to obtain numerical data that represent the efforts and tensions that coexist in this masterpiece. For the structural analysis, three load hypotheses were analyzed: Permanent Load (G), Accidental Load (Q) and Wind load (V).

KEYWORDS: Structure, Structural analysis, Computational analysis, Oscar Niemeyer, Attorney General’s Office.

1 | INTRODUÇÃO

Os rumos da arquitetura do Oscar Niemeyer, que se destacam dos partidos convencionais pela sinuosidade das suas curvas e pela harmonia das proporções, traçam uma verdadeira simbiose entre a estrutura resistente e às formas (MÜLLER, 2003). Oscar Niemeyer é internacionalmente conhecido por compor formas que reúnem beleza arquitetônica e eficiência estrutural.

Soluções tecnológicas arrojadas, unidas à ousadia que sempre caracterizou a obra do arquiteto, gritam a vanguarda do pensamento do Niemeyer desde as fases de concepção do projeto até a sua realização.

Como aponta o Müller (2003), Oscar Niemeyer buscava constantemente a concisão nas suas arquiteturas e a pureza para estabelecer um “real comprometimento entre forma e estrutura”.

É de extrema importância lembrar que, a estrutura resistente de uma obra de arquitetura do Oscar, não está somente determinada por noções de estática ou física, mas também por razões de origem simbólica e pelo intento de surpreender o olhar do observador. Essa sua maneira de projetar o “plasticismo simbólico”, recebeu várias críticas movidas por parte de profissionais arquitetos e engenheiros, interessados somente na forma estrutural e no valor arquitetônico das suas obras.

O objeto a ser considerado na análise estrutural deste trabalho, a Procuradoria Geral da República (PGR), um dos principais símbolos do poder jurídico brasileiro, consta em uma obra arquitetônica de autoria do arquiteto Oscar Niemeyer, localizada em Brasília, DF, projetada em 1996 e realizada em 2002 (UCHIGASAKI, 2006).



Figura 1. Procuradoria Geral da República, Brasília, DF.

Fonte: Daniel Zukko.

O estudo dessa obra, que foi fruto de uma mente inovadora seja do ponto de vista arquitetônico que da inovação tecnológica, quer valorizar a possibilidade de conceber duas edificações de igual forma e volumetria através de duas soluções estruturais diferentes, exaltando o valor simbólico e a dicotomia da linguagem das edificações:

“...Os monumentos públicos propiciam uma teatralização social de valores, uma que, consagram as imagens da memória coletiva para além da temporalidade da vida cotidiana”.

1.1 Justificativa

A produção artística e arquitetônica do Oscar Niemeyer na capital federal do Brasil, tem muitos estudos e trabalhos sobre os partidos arquitetônicos e os valores simbólicos das obras do arquiteto. A falta da análise das estruturas e das tecnologias utilizadas pelo Niemeyer (FONSECA, 2007), moveu o estudo sobre a Procuradoria Geral da República que, neste artigo, foi analisada do ponto de vista estrutural. Existe, portanto, uma certa carência de informações que enfoquem nos aspectos estruturais de seus projetos.

O aspecto que influencia esse tipo de “discriminação” sobre o histórico da engenharia estrutural das obras de Brasília, produzida por Niemeyer, é encarado por Vasconcelos no seu livro que valoriza e ressalta a importância que deveria ter não somente em nível nacional, mas também alcançar um patamar internacional.

Além disso, outro fator preocupante sobre esse assunto, consta no fato que não tem documentação oficial de cálculos estruturais, memoriais, análises e detalhes sobre as

maiorias dos prédios históricos de Brasília.

Como a obra do arquiteto se caracteriza essencialmente por utilizar formas geometricamente puras, isoladamente ou em conjunto, o papel do observador é simplificado, não importa a matriz cultural pela qual ele provém.

Aí reside a segunda razão da aceitação universal das obras do Oscar Niemeyer em um nível de consideração internacional.



Figura 2. Complexo da Procuradoria Geral da República, Brasília, DF.

Fonte: Daniel Zukko.

Se a obra possui as qualidades necessárias para ser eternizada, se faz parte de uma corrente cultural moderna tipicamente brasileira e se continua se sustentando através de um desempenho estrutural de serviço satisfatório, o nosso interesse deve se ampliar para todo o panorama da arquitetura moderna brasileira e internacional como “reminiscência secular na história da arquitetura” (GALIMI, 2016).

A categoria dos profissionais da área de engenharia civil, incluindo profissionais (engenheiros e arquitetos), mestres de obras e funcionários especializados, está cada vez mais focado na busca de novas tecnologias e métodos construtivos para realizar obras que sejam compatíveis com as exigências do mercado moderno. Para garantir um nível de excelência nas edificações residenciais e não, é necessário estabelecer um rigor ético e profissional em todas as fases de vida do projeto, desde a concepção arquitetônica / estrutural.

O desempenho de uma edificação, conhecido como o comportamento em uso de uma determinada estrutura, abrange as condições mínimas de habitabilidade necessárias para os usuários.

21 O BLOCO “A”

O bloco A, sem dúvidas, é um objeto arquitetônico que demandou soluções tecnológicas de alta complexidade na área estrutural e nas instalações prediais. Erguido sem pilares aparentes de sustentação, a edificação transmite ao observador uma sensação de leveza, como se o volume estivesse flutuando.

Graças à ajuda do engenheiro responsável pelo departamento de Execução de Obras da PGR, Frederico Scheidt Paulino, que disponibilizou material técnico dos blocos do objeto de estudo, foi analisado o sistema estrutural do edifício A. Constando de um diâmetro de 60 metros e de uma altura de 48,3 metros, o volume do bloco A possui forma cilíndrica e fachada totalmente envidraçada.

A tipologia de vidro utilizada para o acabamento externo é de tipo reflexivo, funcionando como “espelho” para remeter ao skyline do céu de Brasília. O bloco A possui oito pavimentos. O térreo, constituído pela planta do núcleo rígido, e o mezanino, de planta reduzida, abrigam funções de circulação vertical e recepção para os gabinetes dos procuradores.

São apresentadas, na página a seguir, as imagens 3 e 4 referentes às plantas constituintes o térreo e o pavimento tipo do bloco A da PGR.

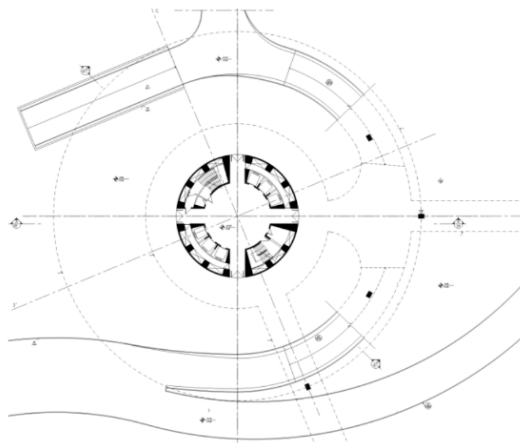


Figura 3. Planta do térreo, bloco A;

Fonte: Arquivo da PGR.

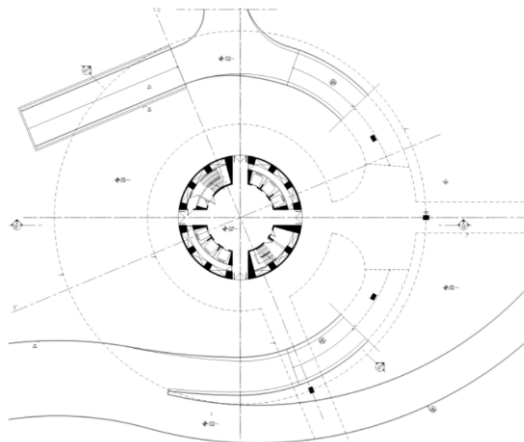


Figura 4. Planta do pavimento tipo, bloco A.

Fonte: Arquivo da PGR.

O sistema construtivo predominante que foi utilizado para a execução dessa edificação, é o concreto protendido junto aos tirantes em aço.

A estrutura atirantada, através das cordoalhas protendidas, das vigas de seção variável e o núcleo rígido, transmite as cargas ao solo através das suas fundações. Para situações em que o terreno superficial apresenta características mecânicas adequadas de resistência, o sistema de fundação pode ser superficial (1/2 metros de profundidade), constituído por sapatas de concreto assentadas no terreno (SANTOS, 2008).

Às vezes, quando o solo apresenta características geotécnicas diferentes daquelas descritas, é indicado utilizar estacas compridas até se atingir um terreno compatível.

No caso do Bloco A, devido ao terreno argiloso, foram previstas estacas moldadas no local, de 42,00 metros de profundidade, para alcançar uma resistência lateral razoável.

A construção do bloco A foi permitida através de pilares provisórios, medindo 10,00 metros de altura.

Considerado o sistema estrutural atirantado, foram utilizados pilares metálicos para a concretagem da laje do primeiro pavimento, assim permitindo a sustentação provisória do edifício. Esses pilares permitiram que as partes da edificação fossem concretadas. Após a protensão dos tirantes de aço, os pilares metálicos provisionais foram retirados com extrema cautela para não comprometer o sistema estrutural global da edificação.

Desta forma, Oscar Niemeyer conferiu ao prédio uma aparência de leveza que determinou o próprio rumo da concepção arquitetônica de projeto.



Figura 5. Pilares provisórios no canteiro de obra, bloco A.

Fonte: Arquivo da PGR.



Figura 6. Pilar metálico de escoramento provisório, bloco A.

Fonte: Arquivo da PGR.

José Carlos Süssekind foi o engenheiro responsável pelo projeto estrutural do complexo arquitetônico da PGR.

A sustentação dessa edificação é garantida por uma estrutura de concreto protendido em formato de estrela de oito pontas no topo do prédio. Pelas vigas protendidas saem tirantes de aço que sustentam os pavimentos do prédio.

Todo o peso do edifício é transferido ao núcleo rígido central, que o descarrega para as fundações.

A estrela de concreto é, de fato, um conjunto estrutural formado por vigas de seção variável de formato trapezoidal.

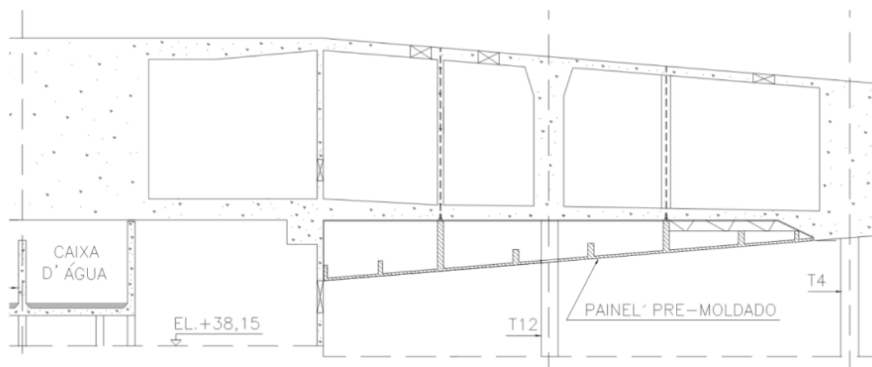


Figura 7. Detalhe em corte de uma viga protendida de seção variável, bloco A.

Fonte: Arquivo da PGR.

O concreto utilizado para todos os elementos estruturais tem as seguintes Resistências Características:

Vigas, $f_{ck} \geq 50$ MPa;

Lajes, $f_{ck} \geq 35$ MPa;

Paredes, $f_{ck} \geq 35$ MPa;

Caixas d'água, $f_{ck} \geq 35$ MPa;

O cálculo das vigas estruturais da estrela de oito pontas foi feito em nove diferentes versões por Süsskind, até se poder alcançar a melhor forma construtiva possível.

A ferragem da metade inferior das vigas já sustentava o peso próprio da estrutura de concreto. Além disso, o peso dos elementos superiores para aliviar o escoramento (que resultava muito caro).

Primeiramente foi concretada a base da estrela, em seguida as vigas constituintes a estrutura e as partes da estrela, determinando-se uma operação de construção altamente complexa.

Os tirantes protendidos, que se originam nas oito pontas da estrela, estão colocados dentro de bainhas de 100 milímetros de diâmetro, as quais contêm sete cabos de protensão (de 16 milímetros cada).

Essas bainhas (com injeção de vaselina para proteger os cabos entre eles) são tubos metálicos.

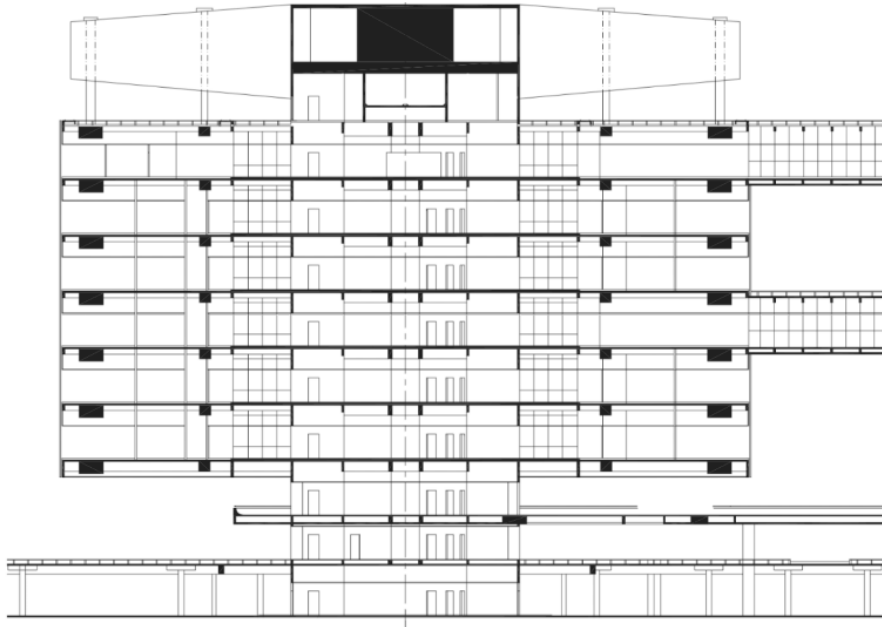


Figura 8. Corte AA, bloco A.

Fonte: Arquivo da PGR.

3 I ANÁLISE DO SISTEMA ESTRUTURAL DO BLOCO A

Para executar a análise estrutural qualitativa do bloco A da Procuradoria Geral da República, foram utilizados os arquivos de plantas, cortes e detalhes estruturais para obter as dimensões de todos os elementos participantes do sistema estrutural, fornecidos pelo Departamento de Engenharia da PGR. Portanto, a partir das plantas estruturais foram extraídas as medidas referentes às seções de tirantes, pilares, vigas, paredes e lajes, conforme as tabelas a seguir.

Elemento Estrutural - Estrela	A (m)	B (m)	Cor
1. Tirantes externos	1,25	0,55	Grey
2. Tirantes internos	1,00	0,50	Green
3. Vigas laterais 1, seção variável 5,00~5,40	5,00/5,40	0,50/0,50	Yellow
4. Vigas laterais 2, seção variável 5,40~5,68	5,40/5,68	0,50/0,50	Blue
5. Vigas laterais 3, seção variável 5,68~6,00	5,68/6,00	0,50/0,50	Cyan
6. Vigas laterais 4	0,70	6,00	Magenta
7. Vigas laterais 5	0,88	6,00	

8. Vigas laterais 6	1,4	6,00	
9. Vigas laterais 7	0,25	6,00	
10. Vigas transversais 1	2,00	5,00	
11. Vigas transversais 2	1,00	5,40	
12. Vigas transversais 3	0,20	5,68	
13. Vigas transversais 4	0,20	6,00	
14. Vigas transversais 5	0,25	6,00	
15. Pilares inferiores	1,40	1,00	

Tabela 1. Dimensões dos elementos estruturais do bloco A para análise estrutural.

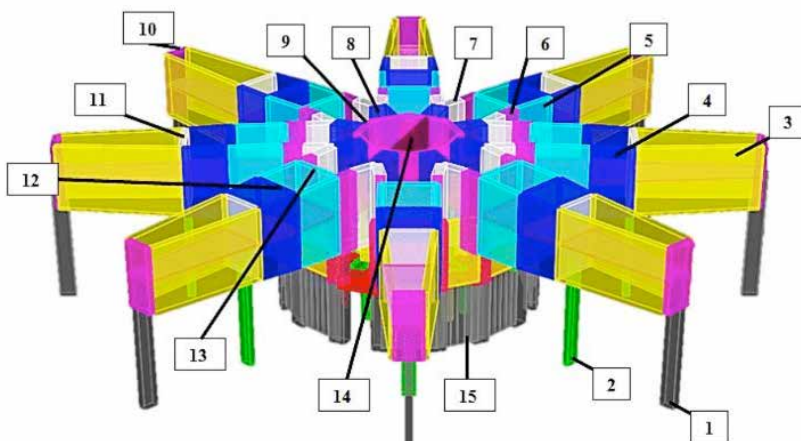


Figura 9. Elementos estruturais das vigas de cobertura modelados, bloco A.

Fonte: os autores.

Elemento Estrutural – Pavimento Tipo	A (m)	B (m)	Cor
16. Viga perimetral anel externo	0,15	0,60	
17. Viga radial externa (8x)	0,30	1,20	
18. Viga radial externa (40x)	0,15	0,60	
19. Viga perimetral variável (junção T ext.) 0,40~1,25	0,40/1,25	1,60/1,60	
20. Viga perimetral junção T ext.	0,40	1,60	
21. Viga radial média (8x)	0,30	2,00	
22. Viga radial média (40x)	0,15	1,00	
23. Viga perimetral variável (junção T int.) 0,40~1,20	0,40/1,20	1,00/1,00	
24. Viga perimetral junção T int.	0,40	1,00	
25. Viga radial interna (8x)	0,30	1,20	
26. Viga radial interna (40x)	0,15	0,60	





27. Viga perimetral anel interno	0,20	0,70	
28. Viga passarela	0,30	0,70	
29. Tirantes externos	1,25	0,55	
30. Tirantes internos	1,00	0,50	

Tabela 2. Dimensões dos elementos estruturais do bloco A para análise estrutural

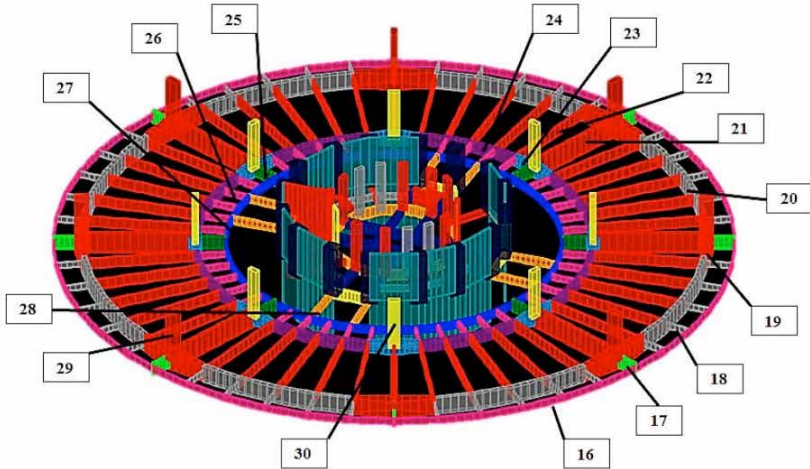


Figura 10. Elementos estruturais do pavimento tipo modelados, bloco A.

Fonte: os autores.













Elemento Estrutural – Núcleo Rígido	A (m)	B (m)	Cor
31. Viga radial	0,20	0,60	
32. Viga circular externa	0,20	0,60	
33. Viga circular interna	0,15	1,00	
34. Viga circular externa	1,85	1,00	
35. Viga circular abertura	0,20	1,00	
36. Viga principal	0,30	1,00	
37. Pilar principal	1,40	1,00	
38. Pilar em L	0,80	0,45	
39. Pilar interno, formato retangular	1,10	0,15	
40. Pilar em T	0,80	0,40	
41. Parede núcleo rígido externa	4,85	0,20	
42. Parede núcleo rígido interna	4,85	0,20	

Tabela 3. Dimensões dos elementos estruturais do bloco A para análise estrutural.

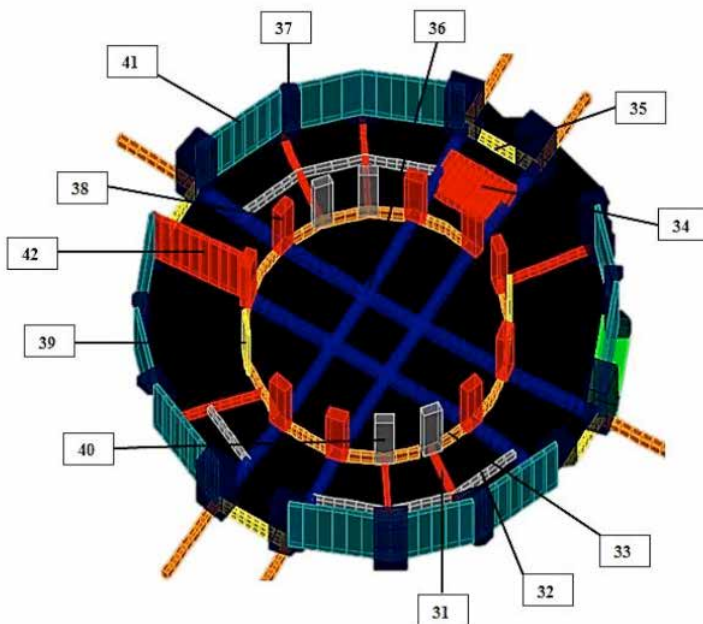


Figura 11. Elementos estruturais do núcleo rígido modelados, bloco A.

Fonte: os autores.

Elemento Estrutural – Mezanino	A (m)	B (m)	Cor
43. Viga perimetral anel externo	0,20	1,00	Azul
44. Viga radial variável 30~70	0,30/0,70	1,00	Púrpura
45. Viga perimetral externa	0,20	1,00	Azul
46. Viga perimetral interna	0,20	0,60	Cinza
47. Viga perimetral anel interno	0,15	1,00	Amarelo
48. Viga central	0,30	1,00	Vermelho
49. Pilar principal	1,40	1,00	Vermelho
50. Pilar em L	0,80	0,45	Amarelo
51. Pilar interno, formato retangular	1,10	0,15	Cinza
52. Pilar em T	0,80	0,40	Verde
53. Parede externa	4,70	0,20	Verde
54. Parede interna	4,70	0,20	Vermelho

Tabela 4. Dimensões dos elementos estruturais do bloco A para análise estrutural.

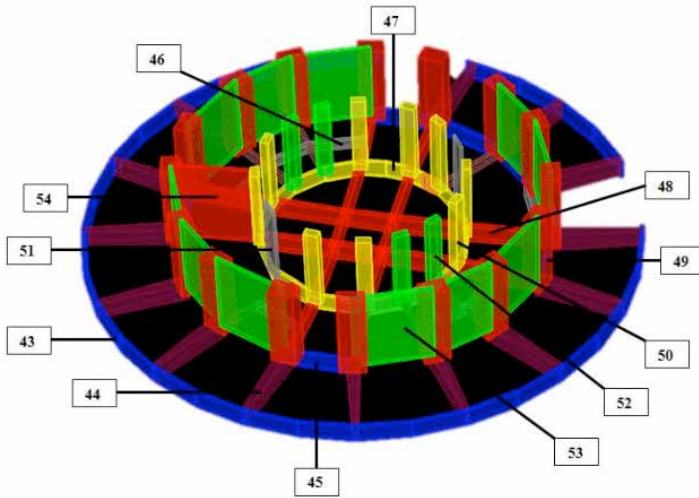


Figura 12. Elementos estruturais do mezanino modelados, bloco A.

Fonte: os autores.

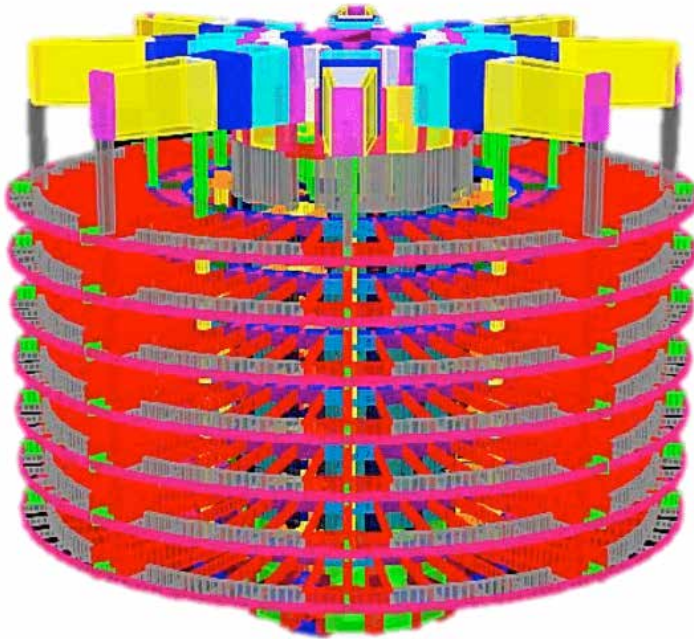


Figura 13. Modelo tridimensional do bloco A.

Fonte: os autores.

Portanto, após de ter inserido no programa SAP 2000 todas as medidas relativas aos elementos estruturais, foi atribuído para cada elemento uma resistência característica do concreto, que varia de 35 MPa para os elementos estruturais pertinentes aos andares,

incluindo mezanino e núcleo rígido, a 50 MPa para os elementos do sistema estrutural principal (vigas estruturais).

Por meio do programa foi analisado o sistema estrutural construído, mostrando os esforços que são desenvolvidos e os deslocamentos.

Para análise estrutural foram consideradas três hipóteses de carga:

- Carga permanente (G);
- Sobrecarga ou carga acidental (Q);
- Vento (V).

Para a carga do peso próprio, além da estrutura, foram considerados os seguintes elementos, por um total de 200 kgf/m²:

- Dry-wall, 50 kgf/m²;
- Revestimento de piso, 56 kgf/m²;
- Argamassa para regularização de revestimento, 66 kgf/m²;
- Forro de cobertura, 10 kgf/m²;

As sobrecargas aplicadas no carregamento das lajes foram:

- Salas para escritórios, 200 kgf/m²;
- Corredores e acessos à escadas e elevadores, 300 kgf/m²;

No caso da força devida ao vento, foi considerada uma carga de 90 kg/m² em direção horizontal aplicada na fachada cilíndrica do bloco A.

Além disso, os carregamentos foram baseados e analisados segundo quatro combinações de carga:

- Estado Limite Último:
 - $1,4G + 1,4Q$ (Combinação 1);
 - $1,4G + 1,4Q + 0,84V$ (Combinação 2);
 - $1,4G + 0,7Q + 1,4V$ (Combinação 3).
- Estado Limite de serviço:
 - $1,0G + 1,0Q + 1,0V$ (Combinação 4).

Apresenta-se o diagrama dos esforços normais da edificação em estudo. Pela figura 14 pode-se observar os tirantes da estrutura, externos e internos, com solicitações elevadas de tração. Os esforços normais são muito altos devido ao peso próprio de toda a estrutura, às cargas acidentais e uma pequena parcela devida a ação do vento.

Na primeira combinação ($1,4G + 1,4Q$) tem-se um esforço máximo de 2137 tf no tirante externo, representando quase o dobro do esforço submetido apenas com o peso próprio da estrutura (1450 tf). Os tirantes externos, mais solicitados por conta da área de

contribuição de laje maior dos internos, estão submetidos à esforço normal máximo de 1416 tf.

Nesse modelo estrutural atirantado, os esforços nos tirantes de aço são transferidos para as vigas de cobertura, dessas para o núcleo rígido. O núcleo rígido está submetido a grandes esforços de compressão. Os valores máximos de compressão alcançam 3490 tf no topo do núcleo.

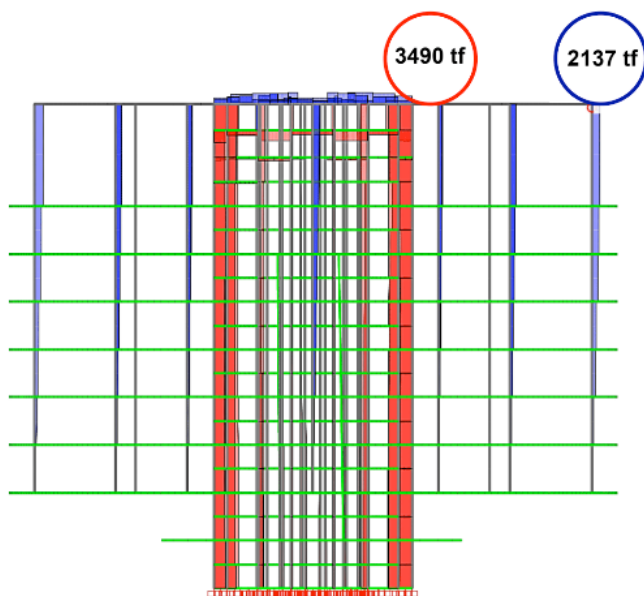


Figura 14. Digrama de Forças normais na combinação 1 (1,4G+1,4Q).

Fonte: os autores.

A ação de carga de vento, conforme á Combinação 2, nota-se que, a pressão exercida pelo vento alivia os tirantes mais próximos á direção de impacto na fachada, aumentando os esforços de tração nos tirantes da fachada oposta.

Porém, considerado o peso próprio da estrutura e as sobrecargas, a influência do vento é praticamente insignificante, aumentando a carga máxima de aproximadamente 2 tf.

Após a análise das Forças Normais verifica-se os deslocamentos da estrutura. Primeiramente foi construído um modelo preliminar com vigas sem protensão para avaliação de deslocamentos verticais das vigas de cobertura e das lajes dos pavimentos.

Os deslocamentos apresentados pelo modelo do bloco A da figura 15, ainda sem protensão nas vigas principais, mostram, conforme o diagrama da figura, o deslocamento máximo das vigas de cobertura e das lajes na direção vertical é de aproximadamente 42 cm.

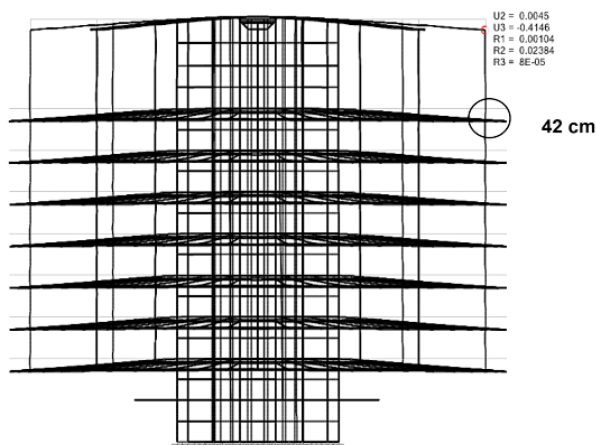


Figura 15. Digrama de deslocamento elástico da estrutura, combinação 4.

Fonte: os autores.

O diagrama mostra como o deslocamento elástico que acontece no mezanino é praticamente nulo, devido ao fato que as vigas e as lajes do nível mezanino não são sustentadas pelo sistema de tirantes, que determinam o sistema estrutural principal. Para minimizar o valor do deslocamento, o projetista José Carlos Sússekind considerou a protensão das vigas principais de cobertura, conforme na figura 16.

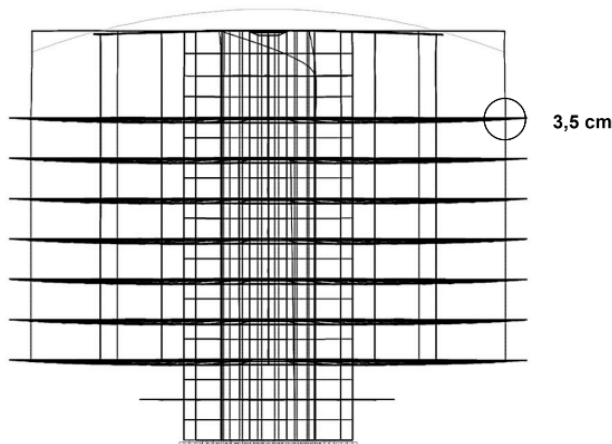


Figura 16. Digrama de deslocamento elástico da estrutura, com protensão.

Fonte: os autores.

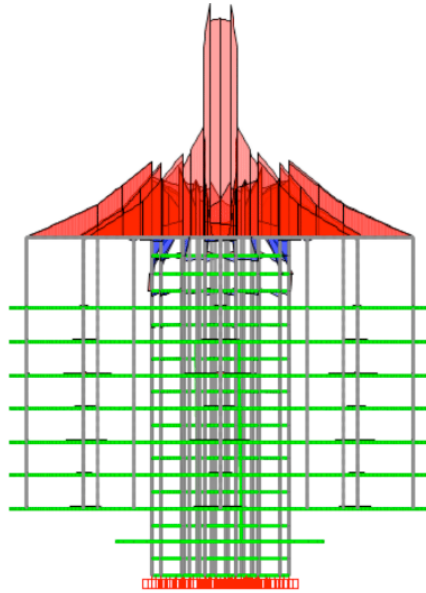


Figura 17. Digrama de Momento fletor das vigas protendidas.

Fonte: os autores.

Para análise do momento fletor, na figura mostram-se os esforços de flexão desenvolvidos nas vigas principais de cobertura, sendo que no núcleo central o valor máximo é de -76.824 tf.m.

Os tirantes não apresentam momento fletor, como já era esperado, em virtude das hipóteses adotadas no sistema estrutural.

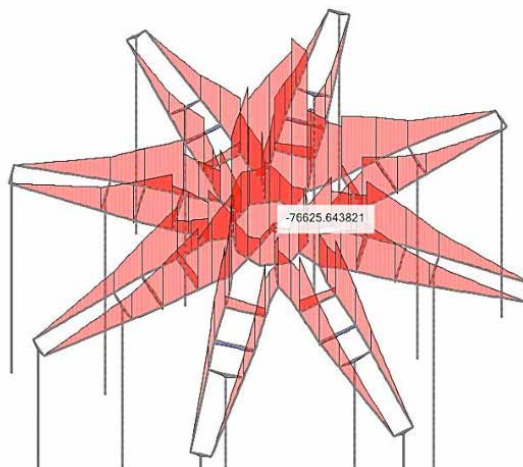


Figura 18. Digrama em perspectiva do Momento fletor das vigas protendidas.

Fonte: os autores.

Na figura a seguir, apresentam-se os deslocamentos das lajes que, tendo simetria entre elas nas direções x e y e carregamentos distribuídos uniformemente para todas as lajes constituintes dos andares, terão momentos fletores iguais tanto na direção do eixo x quanto do eixo y.

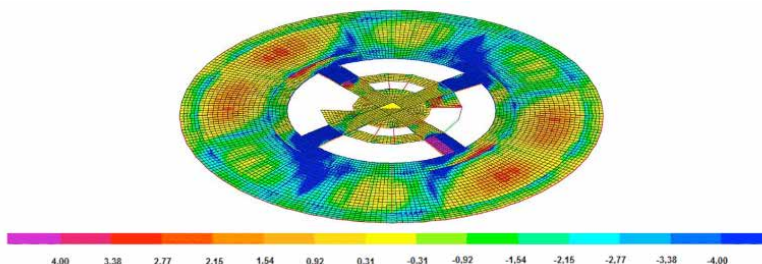


Figura 19. Digrama do Momento fletor na direção do eixo x.

Fonte: os autores.

4 | CONCLUSÕES

Em termos quantitativos e qualitativos, pode-se ressaltar que o bloco A, ousado e arrojado, sofre grandes esforços de tração nos tirantes que sustentam os andares da edificação, elevado momento fletor nas vigas principais protendidas de cobertura e altos valores de compressão no núcleo central rígido.

A protensão das vigas principais, concebida durante o processo criativo da mente de Oscar Niemeyer e do engenheiro José Carlos Sússekind, permitiu que fosse combatido o deslocamento da estrutura e conseqüentemente que fosse garantido o equilíbrio estrutural arquitetônico dessa obra.

O bloco A, nascido convencional, apoiando em pilares metálicos provisórios, se elevou do terreno para alcançar uma dimensão simbólica divina, demarcada por uma leveza estrutural típica das tipologias da natureza.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT). *NBR 15575 – Partes 1-6: Desempenho de Edifícios Habitacionais*. Rio de Janeiro, 2013.

Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT). *NBR 6327 – Cabos de aço para uso geral – Requisitos mínimos*. Rio de Janeiro, 2004.

Faria, Francisco. *Oscar Niemeyer: O Espetáculo Arquitetural: Caderno dos Instrutores*. MON – O Olhar do Aprendiz. Curitiba – PR. Museu Oscar Niemeyer, 2007.

Fonseca, Régis Pamponet da. *A Estrutura do Instituto Central de Ciências: Aspectos Históricos, Científicos e Tecnológicos de Projeto, Execução, Intervenções e Proposta de Estratégias para Manutenção*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2007.

Galimi, S., Camanho C. *Methodology of identification and inspection of pathologies in residential multi-story buildings: a case study*. XII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas, Porto, 2016.

Gonçalves, Simone Neiva Loures. *Museus projetados por Oscar Niemeyer de 1951 a 2006: o programa como coadjuvante*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2010.

Ohtake, Ricardo. *Oscar Niemeyer*. Folha Explica. Publifolha, 2007.

Santos, J. A. *Fundações por estacas. Ações Verticais. Elementos teóricos*. Obras Geotécnicas, Instituto Superior Técnico, 2008.

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
Educativa 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