COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA MECÂNICA



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(ORGANIZADORES)

Atena Editora
Ano 2021

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA MECÂNICA



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(ORGANIZADORES)

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 Cremo
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

Atena Editora
Ano 2021

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 Salvador
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

Atena Editora
Ano 2021

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 Federacl 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

Atena Editora
Ano 2021

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 DrªFernanda 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

Atena Editora
Ano 2021

Coleção desafios das engenharias: engenharia mecânica

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Revisão: Os autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia mecânica / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-259-0
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.590212107

1. Engenharia mecânica. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. Título.
CDD 621

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

Atena Editora
Ano 2021

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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.

Atena Editora
Ano 2021

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.

Atena Editora
Ano 2021

APRESENTAÇÃO

A Engenharia Mecânica pode ser definida como o ramo da engenharia que aplica os princípios de física e ciência dos materiais para a concepção, análise, fabricação e manutenção de sistemas mecânicos. O aumento no interesse por essa área se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral. Além disso a busca pela otimização no desenvolvimento de projetos, leva cada vez mais a simulação de processos, buscando uma redução de custos e de tempo.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de mecânica, materiais e automação, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. A caracterização dos materiais é de extrema importância, visto que afeta diretamente aos projetos e sua execução dentro de premissas técnicas e econômicas. Pode-se ainda estabelecer que estas características levam a alterações quase que imediatas no projeto, sendo uma modificação constante na busca por melhores respostas e resultados.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 1

MODELAGEM DE UM MANIPULADOR PARALELO 3RRR PARA INCLUSÃO DE ELOS FLEXÍVEIS

André Vecchione Segura
Fernanda Thaís Colombo
Maíra Martins da Silva

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121071

CAPÍTULO 2 9

MODELAGEM NUMÉRICA DE SUSPENSÃO DE ¼ DE VEÍCULO

Lucas Alves Torres
Lucas Messias Cunha de Araújo
João Gabriel Paulino de Souza

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121072

CAPÍTULO 3 20

OTIMIZAÇÃO PARAMÉTRICA DA SUSPENSÃO DE UM CAMINHÃO COM RESTRIÇÃO DE CONFIABILIDADE

José Gilberto Picoral Filho
Ewerton Grotti
Herbert Martins Gomes

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121073

CAPÍTULO 4 38

ANÁLISE DE FADIGA PARA OS AÇOS ABNT 1045 E ABNT 4140 PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

Brenda Martins Fernandes
Reny Angela Renzetti

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121074

CAPÍTULO 5 48

ANÁLISE PARAMÉTRICA DAS FREQUÊNCIAS DOMINANTES DE UM VIOLÃO ACÚSTICO

Marco Túlio Santana Alves
Felipe Iglesias

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121075

CAPÍTULO 6 56

VORTEX-INDUCED VIBRATIONS MODEL WITH 2 DEGREES OF FREEDOM OF RIGID CYLINDERS NEAR A FIXED WALL BASED ON WAKE OSCILLATOR

Rafael Fehér
Juan Pablo Julca Avila

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121076

CAPÍTULO 7 67

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE UM COLETOR SOLAR DE TUBO EVACUADO ECCÊNTRICO

Mavd de Paula Ribeiro Teles
Kamal Abdel Radi Ismail

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121077

CAPÍTULO 8 79

RADIÔMETRO SOLAR DE BAIXO CUSTO USANDO A PLATAFORMA ABERTA ARDUINO

Elson Avallone
Cristiano Pansanato
Átila Negretti Faro
Dionísio Igor Alves da Silva
Jhonatas Wendel da Silva
Guilherme Biazzi Gonçalves
Mário César Ito
Rafael Paiva Garcia
Paulo César Mioralli

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121078

CAPÍTULO 9 92

TURBULENT FORCED CONVECTION IN THE THERMAL ENTRANCE OF RECTANGULAR DUCTS: ANALYSIS FOR DIFFERENT MODELS OF VELOCITY DISTRIBUTION AND MOMENTUM EDDY DIFFUSIVITY

Dhiego Luiz de Andrade Veloso
Carlos Antônio Cabral dos Santos
Fábio Araújo de Lima

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121079

CAPÍTULO 10 109

SELEÇÕES DE SUBSTITUIÇÃO EM UM ALGORITMO GENÉTICO DE CODIFICAÇÃO REAL APLICADO À OTIMIZAÇÃO DE UM CICLO RANKINE ORGÂNICO DE DUPLO ESTÁGIO

Guilherme de Paula Prado
Renan Manozzo Galante

https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210710

CAPÍTULO 11 124

DINÂMICA LINEAR PLANA DE UM TUBO ENGASTADO TRANSPORTANDO FLUIDO COM UMA MASSA ANEXADA NA EXTREMIDADE LIVRE

Milton Aparicio de Oliveira

https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210711

CAPÍTULO 12.....138

SENSOR CAPACITIVO PARA DETECÇÃO DE FRAÇÃO DE VAZIO EM ESCOAMENTO BIFÁSICO ÁGUA-AR

Anderson Giacomeli Fortes
Jeferson Diehl de Oliveira

https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210712

CAPÍTULO 13.....150

STUDY OF STATIC AND DYNAMIC LEVELS OF UNDERGROUND AQUIFER WELLS TO MAINTAIN THEIR BALANCE LEVEL IN THE PROVINCE OF ICA - 2014

Primitivo Bacilio Hernández Hernández
Omar Michael Hernández García
Aníbal Bacilio Hernández García
Jessenia Leonor Loayza Gutiérrez
Walter Merma Cruz
Marcos Luis Quispe Pérez
Edward Paul Sueros Ticona

https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210713

CAPÍTULO 14.....164

SISTEMAS COMPUTACIONAIS INTELIGENTES E CONTROLE AVANÇADO COM ÊNFASE EM MAPAS COGNITIVOS FUZZY EM SISTEMAS DINÂMICOS APLICADOS EM DIFERENTES ÁREAS, COM ÊNFASE EM ROBÓTICA

Márcio Mendonça
Marina Souza Gazotto
Marina Sandrini
Marta Rúbia Pereira dos Santos
Rodrigo Henrique Cunha Palácios
Fábio Rodrigo Milanez
Lillyane Rodrigues Cintra
Francisco de Assis Scannavino Junior
Wagner Fontes Godoy

https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210714

CAPÍTULO 15.....181

ROBÔ AUTÔNOMO PARA ESTACIONAMENTO

Lucas Netto Luzente de Almeida
Graziele Barreto da Costa Almeida
Heitor Gomes de Souza Batista
Armando Carlos de Pina Filho

https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210715

CAPÍTULO 16.....193

PROTOTIPAGEM RÁPIDA 3D APLICADA AO ÂMBITO UNIVERSITÁRIO

Vitória de Oliveira Mattos
Lucas Ruzzon de Jesus Ortega
Rafael Issao Fukai

Milena de Sousa Ferreira
João Pedro Monterani Laguna
Marcelo Sampaio Martins
https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210716

CAPÍTULO 17.....199

UMA SOLUÇÃO ANALITICA PARA EFEITOS MECANICOS EM TUMORES SÓLIDOS AVASCULARIZADOS
Francisco Jose Vargas da Silva
Fernando Pereira Duda
https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210717

SOBRE OS ORGANIZADORES 206

ÍNDICE REMISSIVO.....207

CAPÍTULO 5

ANÁLISE PARAMÉTRICA DAS FREQUÊNCIAS DOMINANTES DE UM VIOLÃO ACÚSTICO

Data de aceite: 01/07/2021
Data de submissão: 05/05/2021

Marco Túlio Santana Alves
Universidade Federal da Bahia - Departamento de Engenharia Mecânica
Salvador - BA
http://lattes.cnpq.br/9520270393660729

Felipe Iglesias
Universidade Federal da Bahia - Departamento de Engenharia Mecânica
Salvador - BA

RESUMO: Esse artigo tem o objetivo de definir parâmetros geométricos de optimização relevantes para o *luthier* iniciante. A partir da análise das frequências de ressonância mais baixas e da variação desses parâmetros, é possível determinar a sensibilidade deles e a influência de sua variação na qualidade do som. Para isso, análises modais comparativas utilizando o Método de Elementos Finitos foram realizadas e o resultado foi tratado para que seja possível estabelecer um guia para *luthiers* iniciantes no momento de realizar alterações customizadas para o cliente.
PALAVRAS - CHAVE: Frequência, Otimização, Violão, Método de Elementos Finitos.

ABSTRACT: This contribution deals with the discussion and definition of optimization parameters of the lowest natural frequencies of an acoustic guitar from the geometric characteristics of the top integrated to their internal bracings. Thus, comparative modal analysis of the top (by using Finite Element Method) was performed to identify the sensitivity to these parameters on the typical lowest frequencies of a guitar. The results provide a primary guideline to beginners' luthiers when tailor manufacturing a customized guitar.
KEYWORDS: frequency, optimization, acoustic guitar, Finite Element Method.

1 I INTRODUÇÃO

A arte da manufatura do violão evoluiu através da história, bem como o seu design. Para chegar no violão de hoje, diversas inovações foram desenvolvidas e a complexidade para ajustar a qualidade sonora se tornou maior. Uma das estruturas que sofreram alterações foram as costelas que ficam embaixo do tampo, cuja principal função é de aumentar a resistência mecânica, além de alterar as características acústicas do instrumento. O exemplo mostrado na Figura 1 é o de uma costela com padrão em X (*X-bracing).*



Figura 1 – Vista interna de um padrão de Costelas em X de um violão.

Fonte: https://oldtimeguitar.pressbooks.com/chapter/common-bracing-patterns-of-acoustic-guitars/

O presente artigo tem o objetivo de simplificar o projeto do violão para luthiers iniciantes, estabelecendo parâmetros guias e a sensibilidade deles nos sete primeiros modos de ressonância. Segundo Meyer (1983) e Richardson (2012), as frequências inferiores (até 1.000 Hz) têm maior impacto para o ouvinte. Para tanto, é proposta uma otimização do design através de três parâmetros: espessura do tampo; altura da costela e; largura da costela.

2 | METODOLOGIA

O Modelo base utilizado é um Martin ® OM-28, que foi construído com base nos desenhos de Grellier (2007). Essa escolha é justificada por ser um instrumento com uma faixa de frequência muito equilibrada e ter uma grande popularidade nas músicas do século XXI. O projeto em CAD foi realizado dentro do software SolidWorks®. Para o desenvolvimento desse trabalho, a geometria dos filetes foi simplificada, como mostra a Figura 03, a fim de padronizar todas as costelas e de diminuir erros nos elementos que vão ser discretizados, já que, na realidade, cada costela tem um filete diferente.

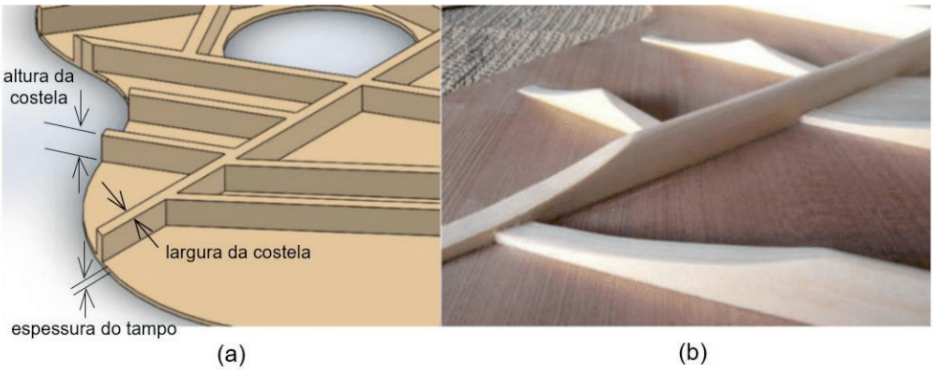

Figura 3 – (a) Modelo CAD da Geometria Simplificada (b) Modelo Real.

Fonte: Compilação do Autor.

As análises pelo Método de Elementos Finitos foram realizadas no software do HyperWorks®, que também conta com o HyperMesh ® (pré-processamento) e HyperView® (Pós-processamento). O *solver* utilizado foi o *solver* da própria Altair, o Optistruct®. O método utilizado foi o Lanczos que, de acordo com Souza Dias (2015), é muito eficiente para obter poucos modos de vibração, como é o caso deste artigo. A malha foi gerada automaticamente pelo software do HyperMesh® com elementos de casca (mistos, triangulares e quadrados), com um elemento médio de 1 *mm*, mostrado na Figura 04. Essa escolha se deu tomando como base os estudos realizados por Boven (2017), que comprovaram resultados representativos utilizando elementos 2D para o tampo e as costelas do violão.

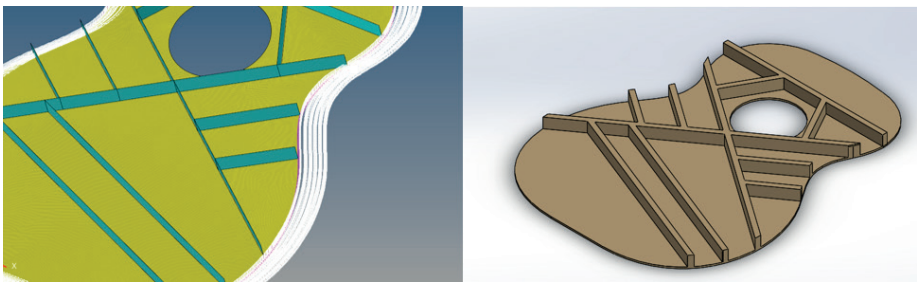

Figura 4. Modelo CAD e Malha com elementos de casca.

Fonte: Compilação do Autor.

Posteriormente ao processo de malha automática, foi utilizada uma ferramenta para checar a qualidade da malha do próprio HyperMesh®. Na checagem, cada elemento foi analisado de acordo com parâmetros geométricos definidos pelo próprio software em Altair (2015). Como mostra a Figura 5, somente 17 elementos falharam nos parâmetros e eles foram ajustados manualmente para garantir a qualidade da malha.

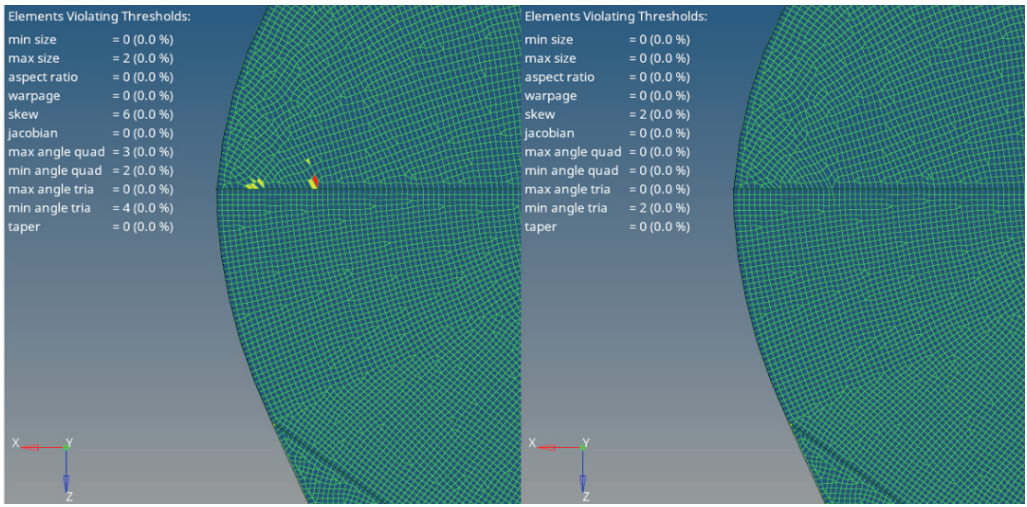

Figura 5 – Parâmetros de Qualidade no HyperMesh ®.

Fonte: Compilação do Autor.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os modelos preparados, mais de 50 casos foram rodados variando somente um parâmetro por vez para obtenção da variação das frequências. A Figura 06 mostra os sete primeiros modos do modelo de referência utilizado.

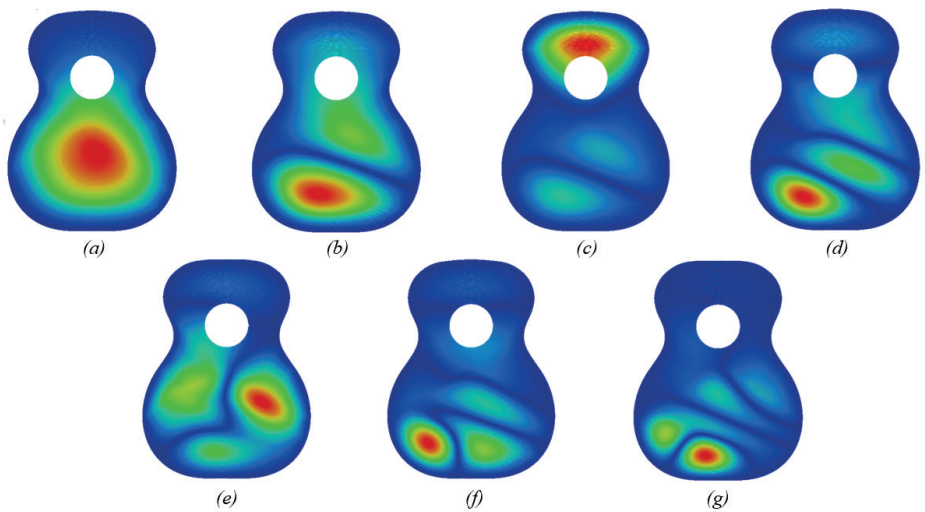

Figura 5: Modos de Vibrar do tampo de um violão - (a) 1º modo, (b) 2º modo, (c) 3º modo, (d) 4º modo, (e) 5º modo, (f) 6º modo e (g) 7º modo.

Fonte: Compilação do Autor.

As análises foram rodadas em um processador de 4 núcleos, 8 *threads* com a frequência máxima em 4 *GHz,* totalizando uma média de 175.623 elementos, com uma duração média de análise de 4 minutos e 53 segundos.

Por fim, optou-se por garantir a convergência do tamanho do elemento utilizado e foi realizado um estudo de convergência da malha, variando 1 *mm,* como mostra o Gráfico 2. Assim, conclui-se que o tamanho do elemento não era só suficiente, como podia ser otimizado em um próximo estudo, onde optou-se pelo tamanho de 1 *mm*.

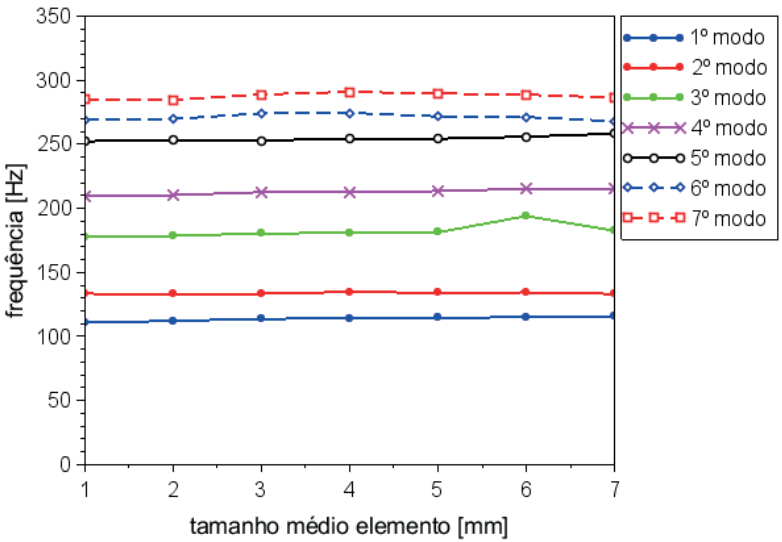

Gráfico 2 - Análise de Convergência da Discretização.

Fonte: Compilação do Autor.

A visualização da influência pode ser vista nos Gráficos 2, 3 e 4, sendo a frequência modal (*Hz*) no eixo Y e o valor do parâmetro (*mm*) no eixo X.

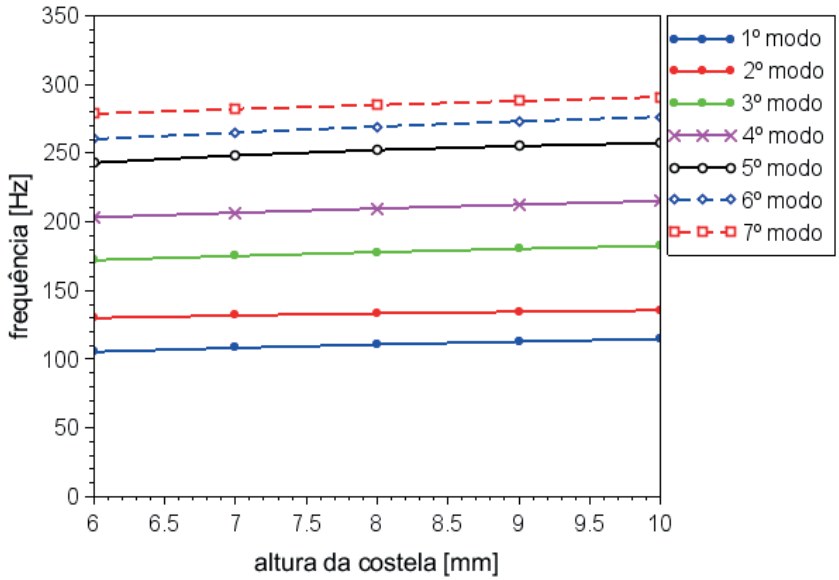

Gráfico 2 - Frequências Modais em função da altura da costela.

Fonte: Compilação do Autor.

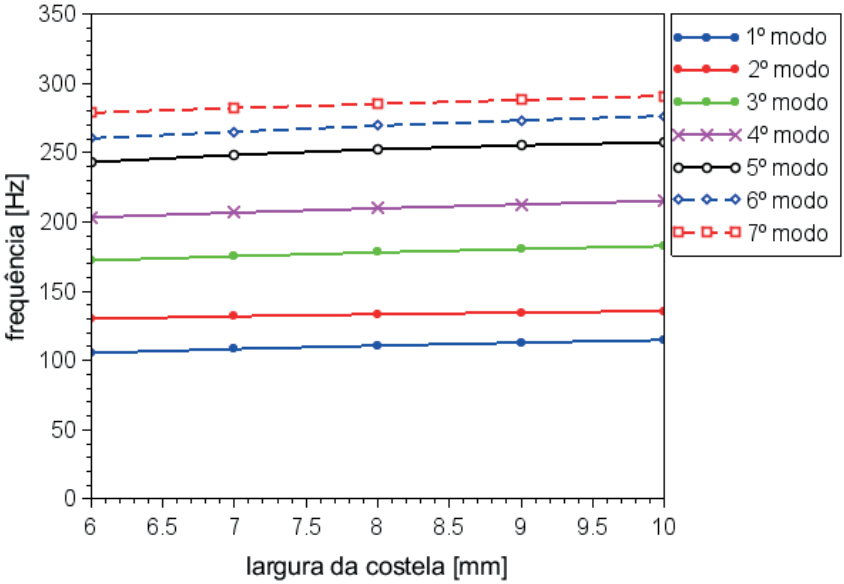

Gráfico 3 - Frequências Modais em função da largura da costela.

Fonte:Compilação do Autor.

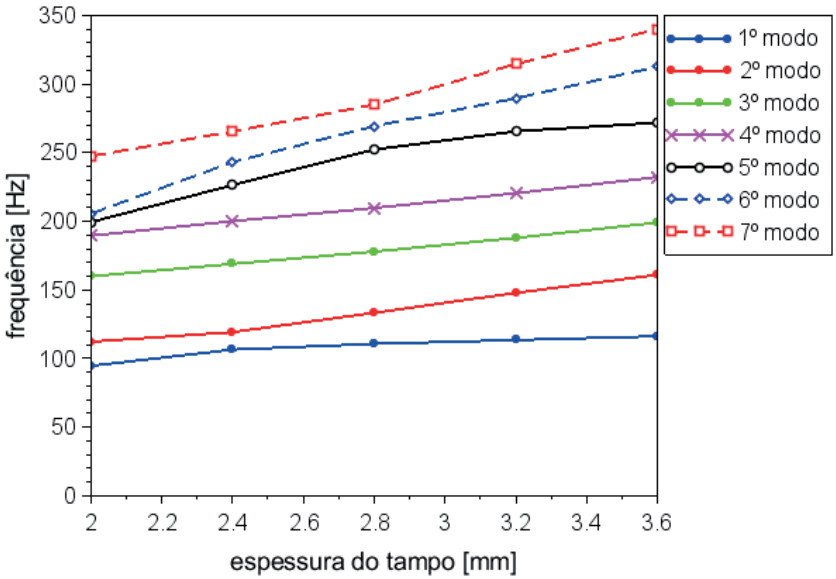

Gráfico 4 – Frequências Modais em função da espessura do tampo.

Fonte: Compilação do Autor.

Pra comparar de maneira mais objetiva, uma regressão linear foi calculada para a curva de cada modo. Seus coeficientes angulares calculados estão na Tabela 1.

modo modo	coeficiente angular		
	largura da costela	altura da costela	espessura do tampo
1	0,101	0,567	0,409
2	0,182	0,563	1,150
3	0,113	0,787	1,300
4	0,139	0,445	2,604
5	0,294	1,239	2,200
6	0,127	0,579	2,867
7	0,076	0,458	4,509
média	0,147	0,663	2,148
desvio padrão	0,073	0,278	1,356

Tabela 1 - Coeficientes Angulares das regressões lineares para as configurações estudadas.

Fonte: Compilação do Autor.

4 | CONCLUSÃO

Depois da execução das análises propostas, chegou-se à conclusão de que uma pequena mudança na espessura do tampo pode ter uma grande influência nas frequências baixas de ressonância do tampo do violão. A altura da costela tem um pequeno impacto

e pode ser utilizada para ajustes finos, enquanto a largura tem influência desprezável e não deve ser utilizada como parâmetro de otimização. Assim, o *luthier* deve utilizar tanto a espessura do tampo como a altura da costela para realizar ajustes no momento de buscar uma sonoridade específica para o cliente. Como agenda de pesquisa, propõe-se a realização da mesma avaliação, porém através de uma análise acústica, avaliando o volume de pressão sonora.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece aos pais pelo amor incondicional e pelos vários sacrifícios para me prover valiosas oportunidades, como a de contribuir para a redação deste trabalho. Ainda neste sentido, ele agradece sua namorada por apoiá-lo sempre, finalizando por agradecer seu orientador e coautor deste, o professor Marco Túlio.

RESPONSABILIDADE DE INFORMAÇÃO

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações contidas no artigo.

REFERÊNCIAS

Alves Filho, A. Elementos finitos: A base da tecnologia CAE / Análise não linear. São Paulo: Érica, 2012.

Richardson, B., Johnson, H., Joslin, A., Perry, I., The three-mass model for the classical guitar revisited, Société Française d'Acoustique, Acoustics 2012, Nantes, France, 2012.

Grellier Guitars, "OM size acoustic guitar". 11 Dec. 2020 < http://www.grellier.fr/en/downloads >, 2007.

Meyer, J., Quality aspects of the guitar tone, Royal Swedish Academy of Music No. 38, 1983.

van Boven, M., Dynamic response optimization of an acoustic guitar, 2017.

O. Christensen, Bo B. Vistisen, Simple model for low-frequency guitar function, Journal of the Acoustic Society of America, Vol. 68, 1980.

Altair, Practical Aspects of Finite Element Simulation. A Study Guide Academic Program, 3rd Edition Released, 2015.

French, M., Engineering the guitar, Springer, West Lafayette, Indiana, 2009.

Dias, F. S., Estudo Numérico Do Fenômeno Do Amortecimento Em Estruturas Sólidas Submetidas A Carregamentos Impulsivos, 2015

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aços 10, 38, 39, 40, 46

Algoritmo Genético 11, 109, 111, 112, 174

Arduino 11, 79, 80, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 172, 175, 190, 192

C

Campo de temperatura 92, 93

CitationID 112, 116

Citationitems 168

Confiabilidade 10, 20, 21, 22, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 79

Controle Adaptativo 165

Convecção Forçada 92, 93

E

Elementos Finitos 10, 1, 2, 6, 21, 38, 39, 45, 46, 47, 48, 50, 55, 128, 129, 131, 137

Energia renovável 67

Energia Solar 67, 79, 90, 91

EPI's 193, 196, 198

Escoamento bifásico 12, 138, 139, 140, 148

Escoamento Turbulento 92, 93

Estacionamento Autônomo 181

F

Fadiga 10, 21, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 125

Fluido-Estrutura 57, 124

Fração de vazio 12, 138, 139, 140, 142, 145, 146, 147, 148, 149

Frequência 6, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 21, 26, 48, 49, 52, 116, 125, 133, 135, 140, 142, 143, 145, 146

Função de transferência 9, 12, 14, 15

G

Graus de liberdade 9, 11, 23

I

Impressão 3D 193, 196

Instrumentação 80, 91, 144, 190

L

Lógica Fuzzy 165

M

Manipulador Flexível 1, 2

Manipulador Paralelo 10, 1, 2, 3, 6

Matriz 128, 129, 130, 131, 135, 166, 170, 187, 199, 200, 201, 203, 205

Modelo Multicorpos 1, 2, 6

N

Nusselt 92, 93, 99, 100, 101, 102, 103, 106

O

Otimização 9, 10, 11, 20, 21, 22, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 48, 49, 55, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 170, 175, 177, 192

P

PET 193, 194, 195, 198

Piranômetro 80, 81

Projeto mecatrônico 181

Protótipos 39, 165, 167, 172, 177

R

Radiação térmica 80, 82

Radiômetro 11, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91

Redes Neurais Artificiais 164, 165, 166, 168

S

Seleção 109, 111, 112, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 170, 171, 176, 185

Sensor capacitivo 12, 138, 140, 145

Simulação 9, 2, 3, 6, 17, 20, 25, 28, 35, 38, 40, 43, 44, 45, 46, 135, 167, 169

Sistemas Computacionais Inteligentes 12, 164, 168

Sistemas Dinâmicos 12, 124, 164, 167

Sistemas Térmicos 109, 111

Stress 199

Suspensão 10, 9, 10, 11, 13, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 184

T

Tensão 2, 3, 42, 43, 44, 45, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 187, 199, 200, 201, 203, 204

Tumor 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205

V

Vibração 1, 2, 5, 9, 10, 13, 16, 17, 20, 21, 26, 50, 133
Violão 10, 48, 49, 50, 51, 54

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA MECÂNICA



www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora

Ano 2021

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA MECÂNICA



www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora

Ano 2021