



# Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)



# Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**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.



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

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. 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  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
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  
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. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
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  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
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. 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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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. 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  
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

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Secconal Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



## Projeto, análise e otimização na área das engenharias

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremona  
**Correção:** Vanessa Mottin de Oliveira Batista  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Henrique Ajuz Holzmann

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P964 Projeto, análise e otimização na área das engenharias /  
Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa -  
PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-696-6

DOI 10.22533/at.ed.966210601

1. Engenharia. I. Holzmann, Henrique Ajuz  
(Organizador). II. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

### Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto: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.

## APRESENTAÇÃO

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente pelos engenheiros nos mais diversos ramos do conhecimento, é de saber ser multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas. Hoje exige-se que os profissionais saibam transitar entres os conceitos e práticas, tendo um viés humano e técnico.

Neste sentido este livro traz capítulos ligados a teoria e prática em um caráter multidisciplinar, apresentando de maneira clara e lógica conceitos pertinentes aos profissionais das mais diversas áreas do saber.

Apresenta temas relacionados a área de engenharia mecânica e materiais, dando um viés onde se faz necessária a melhoria continua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril. Destaca-se ainda a apresentação das áreas da engenharia e elétrica e eletrônica, com a busca da redução de custos e automação de processos.

Da ênfase em alguns trabalhos voltados a realizar um levantamento econômico dos de processos e o estudo das áreas térmicas.

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.

Aos autores, agradeço pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DE MICROCONTROLADORES NA AUTOMAÇÃO DE SHOPPING CENTER**

Rafael Jacinto dos Santos  
Guilherme Henrique Ferreira Neves  
Luiz Felipe Costa Rosa  
Washington Junio Ferreira Resende

**DOI 10.22533/at.ed.9662106011**

### **CAPÍTULO 2..... 8**

#### **ANÁLISE DE DESEMPENHO DOS INVERSORES DE TRÊS NÍVEIS NPC E PONTE H**

Kennedy Ricardo da Silva  
Abinadabe Silva Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.9662106012**

### **CAPÍTULO 3..... 20**

#### **VIABILIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE LUMINÁRIAS CONVENCIONAIS POR LUMINÁRIAS LED NO SETOR INDUSTRIAL**

Bruno Sousa de Castro  
Antonio Manoel Batista da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.9662106013**

### **CAPÍTULO 4..... 34**

#### **PROJETO PARA ELABORAÇÃO DE UMA PEN PLOTTER**

Rafael Ferreira da Silva  
Welton Abreu Rosa  
Luciana Paro Scarin Freitas  
Jorge Luis Ribeiro dos Santos Júnior  
Luís Henrique Chouay Dall’Agnese  
Grégori da Cruz Balestra

**DOI 10.22533/at.ed.9662106014**

### **CAPÍTULO 5..... 40**

#### **DEPRECIAÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS USANDO OS MÉTODOS LINHA, COLE, PERCENTAGEM CONSTANTE E CAIRES**

Adalberto Gomes de Miranda  
Jonhunny Jeyson da Costa Gandra  
Adailza Aparício de Miranda  
Steven Frederick Durrant  
José Costa de Macêdo Neto  
Adailson Aparício de Miranda

**DOI 10.22533/at.ed.9662106015**

### **CAPÍTULO 6..... 56**

#### **ANÁLISE DOS IMPACTOS GERADOS PELA FALTA DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NO CUSTO DA EXECUÇÃO DE UMA CRECHE TIPO 1 PADRÃO FNDE EM**

## CARUARU-PE

Matheus Henrique Pacheco Bezerra  
Maria Victória Leal de Almeida Nascimento

**DOI 10.22533/at.ed.9662106016**

## **CAPÍTULO 7..... 70**

### **ESTIMAÇÃO E AVALIAÇÃO DE DIFERENTES AGENTES ARRASTADORES NA MISTURA AZEOTRÓPICA ÁGUA/1-PROPANOL POR MEIO DO XSEOS**

Erich Potrich  
Larissa Souza Amaral

**DOI 10.22533/at.ed.9662106017**

## **CAPÍTULO 8..... 78**

### **PROJETO DE ELEMENTOS FINITOS: FLEXÃO EM BARRAS COM DIFERENTES MATERIAIS**

Gabriel Brandão Santos  
Gleudson Silva Figueiredo  
Jullyane Milena Silva de Figueiredo

**DOI 10.22533/at.ed.9662106018**

## **CAPÍTULO 9..... 93**

### **AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE COMPÓSITO DE MATRIZ DE GESSO REFORÇADO COM CAPIM**

Diogo Antonio Correa Gomes  
Eduardo Hélio de Novais Miranda  
Gustavo Monteiro Costa Sbampato Resende  
Henrique Andrade Alvarenga Barbosa  
Márcia Aparecida Imaculada de Oliveira  
Mariane Duarte Resende  
Thaiane Oliveira Marcelino

**DOI 10.22533/at.ed.9662106019**

## **CAPÍTULO 10..... 100**

### **PROJETO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO MECÂNICA DE UM GUINCHO DE IÇAMENTO PARA LOCOMOÇÃO DE CARGAS**

Antonio Rodrigues Freitas de Carvalho  
Diógenes Linard Aquino Freitas  
Eduardo Ataíde de Oliveira  
Jardielson José da Costa Almeida  
Lucas Filipe de Vasconcelos

**DOI 10.22533/at.ed.96621060110**

## **CAPÍTULO 11..... 113**

### **PROJETO E CONSTRUÇÃO DE REFRIGERADOR PORTÁTIL BASEADO NO EFEITO PELTIER**

Bruno Almeida Miranda Silva  
Vitor Alves Pimenta  
Maksym Ziberov

DOI 10.22533/at.ed.96621060111

**CAPÍTULO 12..... 124**

PROPOSTA DE INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL DO DESEMPENHO TERMO-HIDRÁULICO DE NANOFLUIDOS NA REFRIGERAÇÃO DE REATORES NUCLEARES À ÁGUA LEVE

Alexandre Melo de Oliveira  
Amir Zacarias Mesquita  
Isabela Carolina Reis

DOI 10.22533/at.ed.96621060112

**CAPÍTULO 13..... 131**

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO ESCOAMENTO DE AR EM DIFUSORES PARA APLICAÇÃO NA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

Silmara Bispo dos Santos  
Rodrigo Sabino Pereira  
Francisco Carlos Lima de Souza  
Keteri Poliane Moraes de Oliveira  
Edson Godoy

DOI 10.22533/at.ed.96621060113

**CAPÍTULO 14..... 144**

FATORES DE EQUILÍBRIO E DOSES EM MINAS SUBTERRÂNEAS BRASILEIRAS

Talita de Oliveira Santos  
Zildete Rocha  
Paulo Cruz  
Vandir de Azevedo Gouvea  
Flávia Luiza Soares Borges  
João Batista de Siqueira  
Laura Cardoso Takahashi

DOI 10.22533/at.ed.96621060114

**CAPÍTULO 15..... 152**

PHYSICAL DISTRIBUTION AND RADIOLOGICAL CONTRAST OF CEMENTS IMPLANTED *IN VITRO* VERTEBRAE

Carlos Julio Montaña Valencia  
Sonia Seger Pereira Mercedes  
Luciana Batista Nogueira  
Tarcísio Passos Ribeiro de Campos

DOI 10.22533/at.ed.96621060115

**CAPÍTULO 16..... 160**

PROJETO DE UM PADRÃO UNIVERSAL DE BAIXO CUSTO PARA CALIBRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E INSPEÇÃO DE SOLDAGEM

Monalisa Pereira Silva  
Maksym Ziberov

DOI 10.22533/at.ed.96621060116



<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>170</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>171</b>

## PHYSICAL DISTRIBUTION AND RADIOLOGICAL CONTRAST OF CEMENTS IMPLANTED *IN VITRO* VERTEBRAE

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 05/10/2020

### **Carlos Julio Montaña Valencia**

Universidade Federal de Minas Gerais  
Campus Pampulha  
Belo Horizonte – MG, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0001-7125-9982>

### **Sonia Seger Pereira Mercedes**

Universidade Federal de Minas Gerais  
Campus Pampulha  
Belo Horizonte – MG, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0003-4801-0710>

### **Luciana Batista Nogueira**

Universidade Federal de Minas Gerais  
Belo Horizonte – MG, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0003-1813-9898>

### **Tarcísio Passos Ribeiro de Campos**

Universidade Federal de Minas Gerais  
Campus Pampulha  
Belo Horizonte – MG, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0003-1476-3474>

**ABSTRACT:** Vertebroplasty and Kyphoplasty have been studied for several years as percutaneous procedures for treatment of bone fractures, osteoporosis and other abnormalities in the skeletal system. Currently, these procedures have already been established as effective minimally invasive surgical procedures very promising in orthopedics and traumatology. Those procedures are guided by fluoroscopy

using radiopaque substances such as barium sulfate ( $\text{BaSO}_4$ ). The improvements of the radiological contrast at the image is still necessary. In present study, we addressed the benefits of Hydroxyapatite (HAp) as radiopaque element in the bone cement and the possibility of removing barium sulfate to reduce the toxicity of the material.

**KEYWORDS:** Bone cement, Hydroxyapatite, Radiological contrast.

### DISTRIBUIÇÃO FÍSICA E CONTRASTE RADIOLÓGICO DE CIMENTOS IMPLANTADOS NAS VÉRTEBRAS *IN VITRO*

**RESUMO:** La Vertebroplastia e Cifoplastia foram estudadas por vários anos como procedimentos percutâneos para tratamentos de fraturas ósseas, osteoporose e outras anomalias no sistema esquelético. Atualmente, esses procedimentos já tem sido estabelecidos como procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos muito promissórios na ortopedia e traumatologia. Aqueles procedimentos estão guiados por meio da fluoroscopia usando substâncias radiopacas tais como sulfato de Bário  $\text{BaSO}_4$ . As melhoras do contraste radiológico na imagem é ainda necessário. No presente estudo, encaminhamos os benefícios do Hidroxiapatita (HAp) como o elemento radiopaco no cimento ósseo e a possibilidade da remoção do sulfato de Bário para reduzir a toxicidade do material.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cimento ósseo, Hidroxiapatita, Contraste radiológico.

## 1 | INTRODUCTION

A procedure was developed and first described in France in 1987 known as Vertebroplasty used as a percutaneous technique by means of an acrylic injected with a syringe into the fractured vertebra body. In the surgical context to this procedure, it is a minimally invasive technique for ambulatory nature. The technique was initially implemented for the treatment of vertebral hemangiomas and later was applied for decompression of fractures of osteolytic metastases and osteoporosis. Another percutaneous technique was introduced with use of PMMA (polymethylmethacrylate with chemical nomenclature  $[\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)(\text{CO}_2\text{CH}_3)]_n$ ) as bone cement to join the fractured bone parts. In addition, it has been inserted into a balloon that it is inflated in order to restore the anatomical structure of the vertebra. Such percutaneous technique is known as Kyphoplasty. One of the major problems of the percutaneous techniques is the possible extravasations of cement outside the bone region where it aims to be located. One solution to this undesirable event is the decompression of the vertebra by re-intervention by surgery (CHEN; LUO; ZHANG; NALAJALA *et al.*, 2013; GERSZTEN, 2007; HENDRICKSON; SHEHATA; KIRCHNER, 1976). These percutaneous procedures are complementary to therapeutic treatments within tumor control (KANEKO; SEHGAL; SKINNER; AL-GHAZI *et al.*, 2010). In most cases patients have advanced metastatic disease stage and the radiation therapy is palliative. Some studies have proposed IMRT (Intensity Modulated Radiotherapy) or IGRT (Image-Guided Radiotherapy) as therapeutic treatments with less neurological impact on the marrow. Although demyelinating phenomenon of nerve tissues may occur since such structures are highly radiosensitive; it presents in lesser extension with IMRT and IGRT (EMAMI; LYMAN; BROWN; COLA *et al.*, 1991; RYU; FANG YIN; ROCK; ZHU *et al.*, 2003; RYU; JIN; JIN; ROCK *et al.*, 2007; YAMADA; BILSKY; LOVELOCK; VENKATRAMAN *et al.*, 2008). At 2006, other options have been proposed in the field of radiation therapy based on the idealization of radioactive bone cement by our research group (MONTAÑO; CAMPOS; LEMOS; YOSHIDA *et al.*, 2020). Such radioactive cement was addressed to treat bone metastases dealing with the elimination of the clonogenic properties of the cancer cells together with the reinforcement of the bone structure. At 2009, it has been followed by the use of Quadramet ( $^{153}\text{Sm-EDTMP}$ ) administered percutaneously in the affected region by means of protocol Kyphoplasty (Kyphon) (ASHAMALLA; CARDOSO; MACEDON; GUIRGUIS *et al.*, 2009).

There are a number of biophosphonates considered bioceramics which have already been studied. Among those that can highlight is the Hydroxyapatite (HAp with chemical nomenclature  $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})]$ ), contains 69% of its composition equivalent to naturally bone and the 20% of collagen matrices fibers as connective tissue. Therefore, since HAp is part of the nature of the bone, it has already been proposed to be mixed with the PMMA reaching optimal adhesion's response of osteoblasts in the biomaterial (DOROZHKIN,

2009; 2010; HIRSCH; ROSENSTEIN; MEDICH; MARTEL *et al.*, 2009).

Considering the cement implant, the improvement of the radiological contrast at the image is still necessary. In present study, we addressed the benefits of HAp as radiopaque element in the bone cement and the possibility of removing barium sulfate to reduce the toxicity of the material. Radiological images from X-ray and Ultrasonography are evaluated in cement implants in vertebrae.

## 2 | METHODS

### 2.1 *In vitro* anatomical sample preparation

The separation of a section of a pig vertebral column, in a special cut provided by a meat market, was performed *in vitro* embed in an equivalent muscle tissue, maintaining anatomically its structure without considering distinct anthropometric characteristics of the model. The structure was immediately cooled to -18 C to reduce the effect of decomposition.

### 2.2 Synthesis of the composite

The composite was prepared in cold based on PMMA, HAp, barium sulfate so that the dilution held excess water as dissolvent. The solution in deionized water was done primarily to modulate the phases of the acrylic in order to increase the polymerization time by mean of stirring of the mixture. Both PMMA as the instruments in the mixture were also cooled due to polymerizing effect that is proportional to the temperature increase. The HAp was synthesized by the sol-gel method according to (LEGEROS; LIN; ROHANIZADEH; MIJARES *et al.*, 2003; MONTAÑO; CAMPOS; LEMOS; YOSHIDA *et al.*, 2020) after to mix the components the solution was left for 24 hours in a closed beaker to force the precipitate's product, the nucleation and formation of colloids. The compounds used for the synthesis of HAp were 3.937 g of  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , 0.69 mL of  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , 2 mL of  $\text{CH}_3(\text{OH})$  and water as solvent in excess. Subsequently the sample was heated in an oven ramped from room temperature to 100 °C for 22 hours as follows: from room temperature to 80 °C at a rate of 0.306 °C·min<sup>-1</sup>, then an isotherm 360 minutes, subsequently to 100 °C a ramp at the rate of 0.333 °C·min<sup>-1</sup> and finally an isotherm 720 minutes. The next day, the sample was heated from room temperature to 720 °C at a rate of 6 °C·min<sup>-1</sup>, then 60 min isotherm. The HAp powder is macerated and mixed in different proportions with the PMMA (Metil Etil Metacrilate ( $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$ )) to produce 0.5 g of bone cement in a binary system (1-x)PMMA-xHAp, where [x] is the concentration of HAp in the mixture as shown in Table 1. The concentrations (1) and (2) were presented in this preparation only.

Nº	Concentration [x]	PMMA (C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> )	HAp(Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH))
1	0.00000	0.50000	0.00000
2	0.50000	0.08310	0.41690

Table 1. Concentrations [x] bone cement to produce 0.5 g of the binary system (1- x)PMMA-xHAp.

### 2.3 Cement injection

The cement was injected into vertebral models designed in the laboratory drilling the vertebral body with a bent 45° to the midsagittal plane simulating drilling needle Vertebroplasty kit.

### 2.4 Radiological contrast

The X-ray machine used was the BR 100, a transportable model with performance 100 mA and 90 kV. The BR 100 is composed with an X-ray tube sealed and linked to a telescope that is connected to the apparatus column than have an arm which allows depending on the movement necessary adjustment of the distance between tube and film that is studied radiographically. It also has a command table with the control elements necessary for desired voltage and intensity. According to the radiological techniques, exposure time of 0.50 s, current of 70 mA, voltage of 60 kV and DFF of 85 cm were applied in thoracic vertebrae. After the development processing, films were digitized to study the radiological contrast in each of the vertebrae that was implanted the bone cement. Contrast was evaluated in different points.

### 2.5 Ultrasonography images

The GE Healthcare ultrasound equipment LOGIQe REF. 5199704 made in China in 2008 was used for image guided in the Vertebroplasty simulating procedure with the pig vertebral column. One 12L-RS probe was used in B-cine mode with a signal of 12 MHz and with a maximum depth of 7 cm for the configuration abdominal type examination in addition before to the application of the contact gel for pig column model in vitro. In the second image signal was 10 MHz and the depth of field of ultrasound was defined to 4 cm.

## 3 | RESULTS

The images of the phantom taken with radiology team have good contrast even though the parts are embedded in a tissue simulating equivalent soft tissue. According to Fig. 1(a), an anterior-posterior frontal shot was made, in which the X-ray beam had to overcome apart phantom also the styrofoam lid container 2 cm that contains. The polystyrene and the surrounding soft equivalent tissue have a lower attenuation coefficient than to bone tissues.

In Fig. 1 (b), a side-sagittal image was shooting. The x- rays had to overcome two lids that are part of styrofoam container with 2 cm every one, maintaining good contrast. In Fig1(c) and Fig. 1(d), images provided by ultrasound equipment, simulating the lumbar puncture protocol, are presented. A good contrast of the spinous processes, transverse and upper and lower joints, is observed. Just as the needle is guided by the spinous processes in the lumbar puncture for patients in gestation, it is possible to do the same in Vertebroplasty, with the difficulty of invading the field temporarily while the needle is inserted into the body of the vertebra. However, to control the flow of cement during insertion fluoroscopy is necessary.

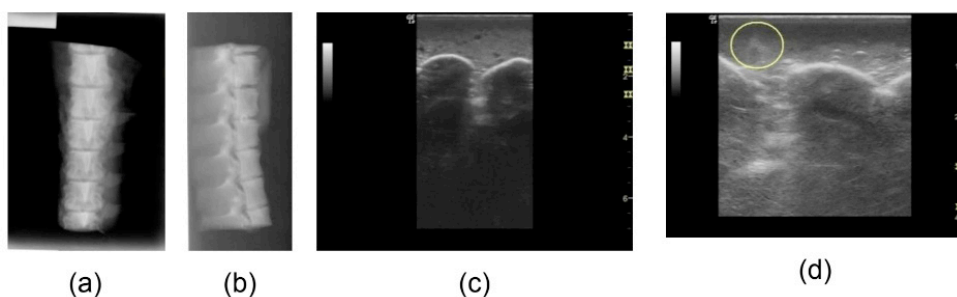


Figure 1. X-ray and ultrasound images in vitro from vertebrae model is presented. In (a) and (b), frontal and sagittal radiological images are observed, respectively. In (c) and (d), there are ultrasound images; and, (d), a dynamic anomaly shows the insertion of the needle.

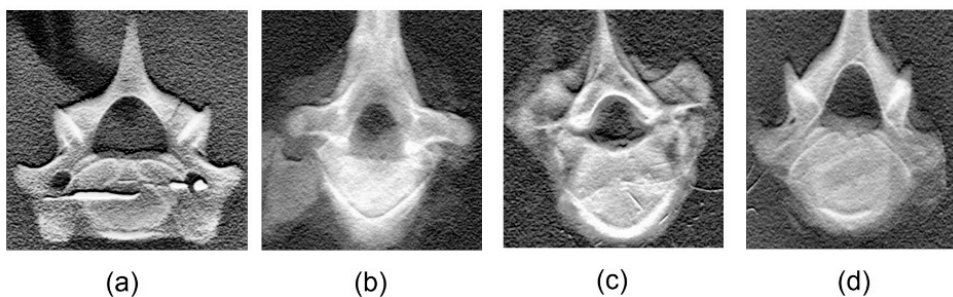


Figure 2. Radiological images of four vertebral models. In (a) the vertebrae has molten lead. (b) PMMA injected. (c) PMMA + 10% BaSO<sub>4</sub> were injected. (d) x = 0.5 of the bone cement.

The following images as shown in Fig. 2 were taken from four vertebral bodies. In Fig. 2(a), one of them is observed with an inlay of a small mass of lead in the linear shape that will be used as reference point to evaluate the radiological contrast of the other three images. In Fig. 2(b), a vertebral body with an abnormality is observed corresponding to the perforation made to the vertebral body in which PMMA was injected. In Fig. 2(c), it was injected PMMA with 10% BaSO<sub>4</sub> and no abnormalities indicating that the cement was largely diffused in bone piece. In Fig. 2(d), polymerizing bone cement (1-x) PMMA-xHAP



with a concentration  $[x]$ ,  $x = 0.5$  HAp in the mix was injected. As in Fig. 2(c) the cement is well spread in the bone piece and with better contrasts which identifiable in the area of the perforation of the vertebral body. An interesting aspect was that, despite  $\text{BaSO}_4$  suppress in the bone cement, this still shows a good radiological contrast.

The physical distribution of this biomaterial was observed through X-ray images after application of the cements in liquid phase. It has been spread 5 up to 20 mm into the vertebrae from the inject point. It demonstrated that such biomaterial can be incorporated adequately and a large amount of the cold cement can be well distributed in the vertebral structure. The spatial distribution of cement in regions III and IV of each vertebra is optimal intervened in the spongy tissue. Radiological response of the cement was demonstrated on the radiological films.

## 4 | CONCLUSIONS

The spatial distribution of this material was observed through radiological images obtained after cement application showing the possibility of incorporating adequate amount of cement mass in the bone structure. It guaranteed the radiopaque nature of the bone cement. After cross cutting in some of the vertebrae, it was observed that the compound was solidified after being injected. Also, the spreading of the material in bone tissue was larger in the spongy bone tissue. A pair of puncture on the lumbar vertebrae can reduce the unwanted effect of extravasation due to the *in situ* decompression.

Since these compounds are used for the purpose of be absorbed and reabsorbed bone tissues, it is very important to reduce toxicity suppressing as much as possible the substances which are not completely biocompatible with organic tissues, as radiopaque compounds used in medical imaging, without affecting significantly their action. All biological effects that may be induced by the excess of HAp must be considered in order to calculate the proportions of HAp in the cement. In addition, the desirable porosity for migration of bone cells is required. Also, porosity is essential to spread the cement and facilitate the join of fractured pieces, as the case is required.

Percutaneous column procedures guided by fluoroscopy have been already proposed. One of the major problems in radioactive cements is directly related to vertebrae dose because dose must be planned with high precision to avoid negative responses subsequent to radiotherapeutic treatments. In the Ultrasound image the commercial teams gradually have improved their services and today are already possible to reconstruct live images in 3D which is known as the 4D mode. Thus, fluoroscopic image remains needed to avoid extravasation of the cement outside the vertebral body.

## ACKNOWLEDGEMENT

The researchers appreciate all the contributions related with to anatomical knowledge and surgical protocol delivered by the MD. Olga Lucia Maquilon Moreno from Clínica Rey David - COSMITET LTDA. IPS in Cali-Colombia (Health Care Provider). We also thank CAPES and CNPq for funding this project.

## CONFLICT OF INTEREST DISCLOSURE

The authors declare no conflict of interest in this work.

## REFERENCES

- ASHAMALLA, H.; CARDOSO, E.; MACEDON, M.; GUIRGUIS, A. *et al.* Phase I trial of vertebral intracavitary cement and samarium (VICS): novel technique for treatment of painful vertebral metastasis. **International Journal of Radiation Oncology\* Biology\* Physics**, 75, n. 3, p. 836-842, 2009.
- CHEN, G.; LUO, Z.-P.; ZHANG, H.; NALAJALA, B. *et al.* Percutaneous kyphoplasty in the treatment of painful osteoblastic metastatic spinal lesions. **Journal of Clinical Neuroscience**, 20, n. 7, p. 948-950, 2013.
- DOROZHKIN, S. V. Calcium orthophosphates in nature, biology and medicine. **Materials**, 2, n. 2, p. 399-498, 2009.
- DOROZHKIN, S. V. Bioceramics of calcium orthophosphates. **Biomaterials**, 31, n. 7, p. 1465-1485, 2010.
- EMAMI, B.; LYMAN, J.; BROWN, A.; COLA, L. *et al.* Tolerance of normal tissue to therapeutic irradiation. **International Journal of Radiation Oncology\* Biology\* Physics**, 21, n. 1, p. 109-122, 1991.
- GERSZTEN, P. C. The role of minimally invasive techniques in the management of spine tumors: percutaneous bone cement augmentation, radiosurgery, and microendoscopic approaches. **Orthopedic Clinics of North America**, 38, n. 3, p. 441-450, 2007.
- HENDRICKSON, F. R.; SHEHATA, W. M.; KIRCHNER, A. B. Radiation therapy for osseous metastasis. **International Journal of Radiation Oncology\* Biology\* Physics**, 1, n. 3-4, p. 275-278, 1976.
- HIRSCH, A. E.; ROSENSTEIN, B. S.; MEDICH, D. C.; MARTEL, C. B. *et al.* Polymethylmethacrylate and radioisotopes in vertebral augmentation: an explanation of underlying principles. **Pain Physician**, 12, n. 5, p. 887-891, 2009.
- KANEKO, T.; SEHGAL, V.; SKINNER, H.; AL-GHAZI, M. *et al.* Evaluation of a radiation transport modeling method for radioactive bone cement. **Physics in Medicine & Biology**, 55, n. 9, p. 2451, 2010.
- LEGEROS, R.; LIN, S.; ROHANIZADEH, R.; MIJARES, D. *et al.* Biphasic calcium phosphate bioceramics: preparation, properties and applications. **Journal of materials science: Materials in Medicine**, 14, n. 3, p. 201-209, 2003.

MONTAÑO, C.; CAMPOS, T.; LEMOS, B.; YOSHIDA, M. *et al.* Effects of hydroxyapatite on PMMA-HAP cement for biomedical applications. **Bio-medical materials and engineering**, n. Preprint, p. 1-11, 2020.

RYU, S.; FANG YIN, F.; ROCK, J.; ZHU, J. *et al.* Image-guided and intensity-modulated radiosurgery for patients with spinal metastasis. **Cancer: Interdisciplinary International Journal of the American Cancer Society**, 97, n. 8, p. 2013-2018, 2003.

RYU, S.; JIN, J. Y.; JIN, R.; ROCK, J. *et al.* Partial volume tolerance of the spinal cord and complications of single-dose radiosurgery. **Cancer: Interdisciplinary International Journal of the American Cancer Society**, 109, n. 3, p. 628-636, 2007.

YAMADA, Y.; BILSKY, M. H.; LOVELOCK, D. M.; VENKATRAMAN, E. S. *et al.* High-dose, single-fraction image-guided intensity-modulated radiotherapy for metastatic spinal lesions. **International Journal of Radiation Oncology\* Biology\* Physics**, 71, n. 2, p. 484-490, 2008.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ansys 78, 79, 86, 91, 92, 135

Arduino 1, 2, 3, 7, 37

Arrastador 70, 71, 72, 74, 75, 76

Automação 1, 2, 6, 7, 35

Azeotropia 70, 71, 73, 75, 76

### B

Barras 36, 78, 79, 83

Bim 56, 57, 58, 68, 69

### C

Calibração 160, 161, 162, 167, 168, 169

Cimento ósseo 152

CNC 34, 35, 39

Contraste radiológico 152

Custos 6, 28, 30, 31, 32, 57, 134, 139, 168

### D

Depreciação 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 52, 53, 54, 55

Difusores 131, 132, 134, 138, 139

Dinâmica dos fluidos 132

### E

Eficiência 8, 10, 13, 15, 18, 19, 21, 23, 75, 92, 114, 118, 119, 121, 124, 125, 131

Elementos finitos 78, 79, 90, 91

Equilíbrio 9, 10, 70, 71, 72, 73, 74, 80, 82, 104, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150

Equipamentos 2, 8, 36, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 53, 54, 55, 57, 100, 101, 105, 112, 114, 122, 125, 160, 161, 162, 168

### F

Fator de equilíbrio 144, 145, 146, 147, 148, 149

Fibras vegetais 94

Flexão 78, 79, 80, 81, 82, 83, 93, 94, 97, 98, 100, 105, 109, 110, 111

Flexão estática 93, 94, 97, 98

## **G**

Guincho 100, 101

## **H**

Hidroxiapatita 152

## **I**

Iluminação 1, 2, 4, 6, 20, 21, 26, 28, 30, 31, 32, 33

Incompatibilidade 56, 57, 61, 62, 63, 68

Industrial 7, 18, 19, 20, 21, 23, 32, 33, 77, 113, 143

Inspeção de solda 160, 167

Inversor multinível 8, 10

## **L**

Led 20, 21, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33

## **M**

Máquinas 34, 35, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 53, 54, 55, 100, 101, 111, 112

Métodos de avaliações 41

Mistura 70, 71, 72, 75, 147

## **O**

Obra pública 56, 57

## **P**

Peltier 113, 114, 122, 123

PenPlotter 34, 35, 38, 39

Periférico 1

Potência eólica 132, 133, 138, 139

Precisão 34, 35, 78, 79, 92, 96, 120

Projeto 2, 6, 25, 26, 28, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 56, 57, 58, 61, 63, 64, 68, 78, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 109, 111, 112, 113, 115, 116, 118, 121, 123, 134, 147, 160, 161, 162, 163, 167, 168, 169

Prototipagem 3D 113

## **Q**

Qualidade de energia 8, 10, 13

## **S**

Sistema 1, 2, 4, 5, 6, 21, 22, 35, 37, 39, 58, 65, 66, 68, 71, 73, 80, 87, 94, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 112, 114, 115, 116, 120, 121, 133, 149, 152, 169

Sistema de transmissão 100, 102, 103, 112

Soldagem 160, 162, 164, 165, 167, 168, 169, 170

Sustentabilidade 8, 21, 94

## **T**

Transferência de calor 113, 123, 124, 125, 126, 127, 128

## **V**

Valor residual 40, 42, 43, 44, 53, 55

Viabilidade 20, 21, 25, 26, 30, 31, 32, 33, 128, 131, 169

## **X**

XSEOS 70, 71, 74, 75, 76



# Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 