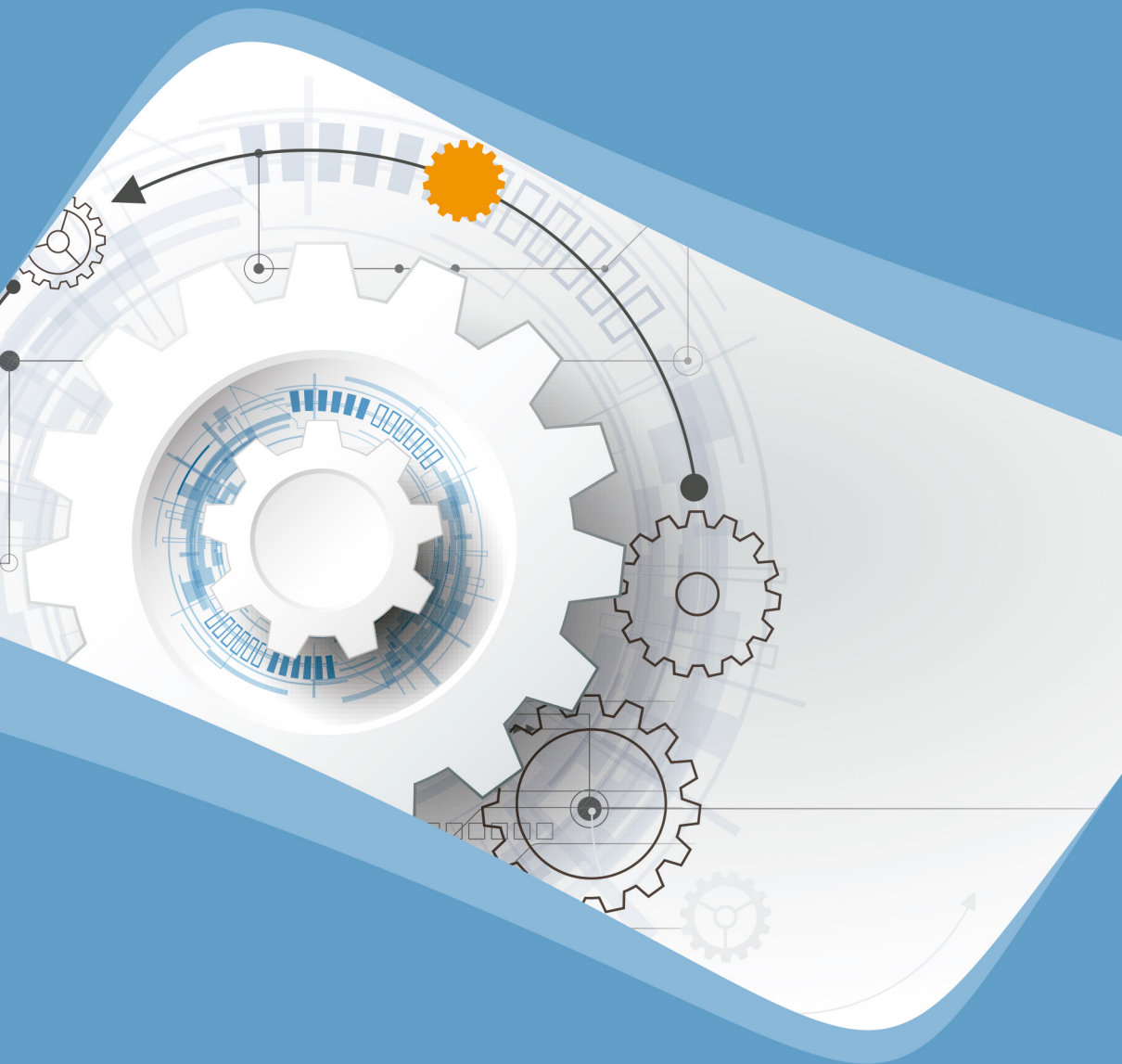


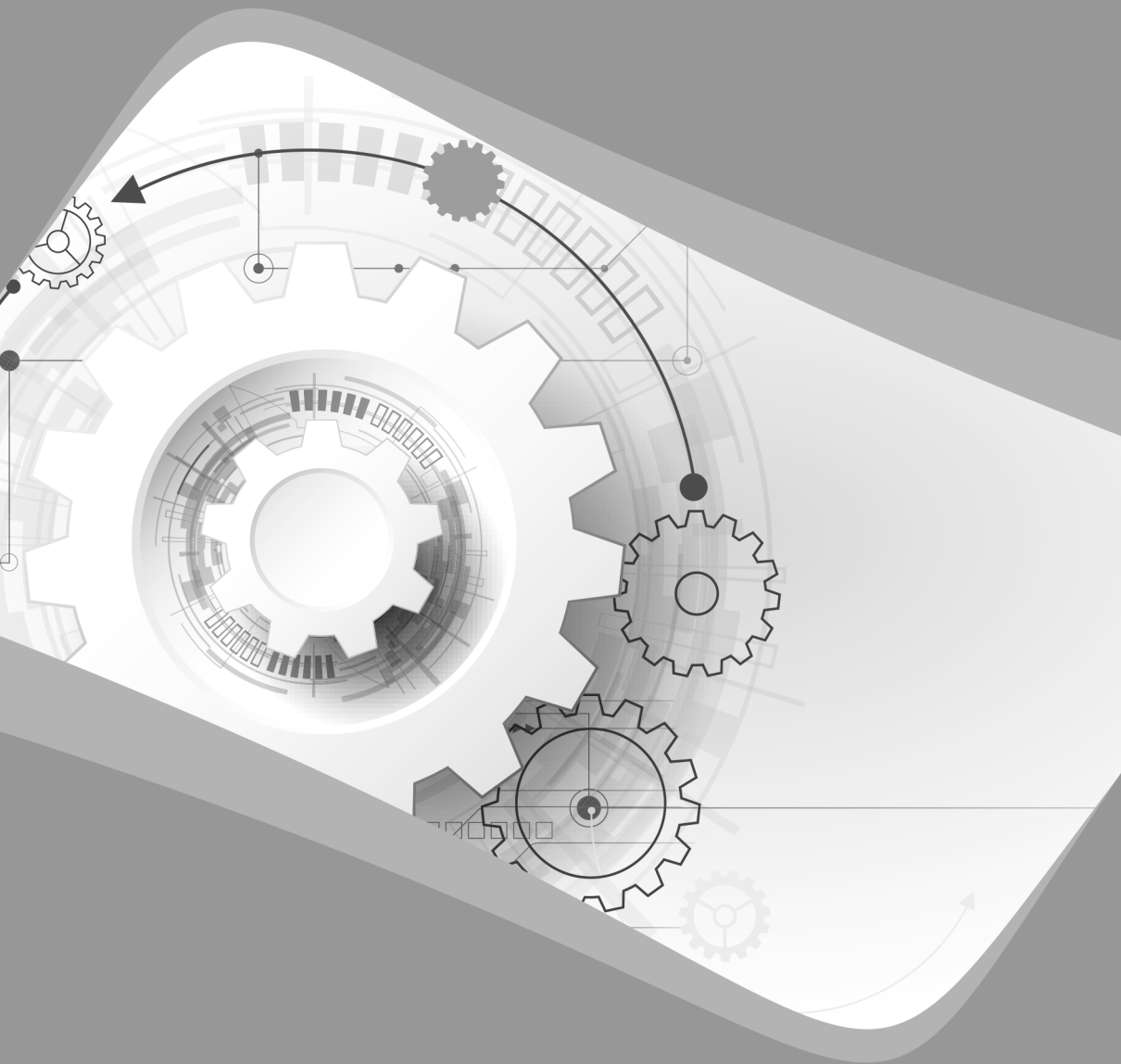
# Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias 3



Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

# Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias 3



Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

**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

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 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.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de 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  
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 Internazionele 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> 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<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. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
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. 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  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
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 Alborno – 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. Lillian 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. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
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. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

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

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



**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Luiza Alves Batista  
**Correção:** Giovanna Sandrini de Azevedo  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Henrique Ajuz Holzmann

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

R436 Resultados das pesquisas e inovações na área das engenharias 3 / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF  
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
 Modo de acesso: World Wide Web  
 Inclui bibliografia  
 ISBN 978-65-5706-613-3  
 DOI 10.22533/at.ed.133202311

1. Engenharia. 2. Pesquisa. 3. Inovação. 4. Resultados.  
 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

## 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.

## 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 os processos de reciclagem e sustentabilidade dentro do contexto empresarial e de resíduos gerados nos processos produtivos.

Da ênfase em alguns trabalhos voltados a prevenção de incêndios florestais através do emprego de técnicas específicas, além de realizar um levantamento econômico dos prejuízos gerados com os mesmos.

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**

#### **ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO PROCESSO DE SOLIDIFICAÇÃO UNIDIRECIONAL NO COMPORTAMENTO ELÉTRICO DA LIGA CU-8,5%SN**

Ariovaldo Merlin Cipriano  
Ricardo Aparecido da Cruz  
Rogério Teram  
Maurício Silva Nascimento  
Vinícius Torres dos Santos  
Márcio Rodrigues da Silva  
Antonio Augusto Couto  
Givanildo Alves dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.1332023111**

### **CAPÍTULO 2..... 11**

#### **ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ELÉTRICO DE LIGAS DE ALUMÍNIO OBTIDAS POR SOLIDIFICAÇÃO UNIDIRECIONAL**

Jorge Athanasios Pimenidis  
Rogério Teram  
Maurício Silva Nascimento  
Vinícius Torres dos Santos  
Márcio Rodrigues da Silva  
Antonio Augusto Couto  
Givanildo Alves dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.1332023112**

### **CAPÍTULO 3..... 23**

#### **ANÁLISE MECÂNICA COMPARATIVA DE FIO ORTODÔNTICO NITI E AÇO INOXIDÁVEL**

Manoel Quirino da Silva Júnior  
Áleft Verlanger Rocha Gomes  
Francielle Cristine Pereira Gonçalves  
Dyana Alves de Oliveira  
Ricardo Alan da Silva Vieira  
Brenda Nathália Fernandes Oliveira  
Juciane Vieira de Assis  
Mariza Cláudia Pinheiro de Assis  
Bárbara Jéssica Pinto Costa  
Diogo Silva de Aguiar Nobre

**DOI 10.22533/at.ed.1332023113**

### **CAPÍTULO 4..... 34**

#### **CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE FILMES À BASE DE FÉCULA DE BATATA E AMIDO DE MILHO**

Francielle Cristine Pereira Gonçalves  
Kristy Emanuel Silva Fontes  
Mariza Cláudia Pinheiro de Assis  
Bárbara Jéssica Pinto Costa

Dyana Alves de Oliveira  
Diogo Silva de Aguiar Nobre  
Ricardo Alan da Silva Vieira  
Juciane Vieira de Assis  
Francisco Leonardo Gomes de Menezes  
Manoel Quirino da Silva Júnior  
Brenda Nathália Fernandes Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.1332023114**

**CAPÍTULO 5..... 45**

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE BIOFILMES PRODUZIDOS A PARTIR DE FÉCULA DE MANDIOCA E FÉCULA DE BATATA**

Francielle Cristine Pereira Gonçalves  
Kristy Emanuel Silva Fontes  
Mariza Cláudia Pinheiro de Assis  
Bárbara Jéssica Pinto Costa  
Dyana Alves de Oliveira  
Diogo Silva de Aguiar Nobre  
Ricardo Alan da Silva Vieira  
Juciane Vieira de Assis  
Francisco Leonardo Gomes de Menezes  
Manoel Quirino da Silva Júnior  
Brenda Nathália Fernandes Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.1332023115**

**CAPÍTULO 6..... 54**

**AVALIAÇÃO DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO DE FIOS ORTODÔNTICOS DA LIGA NiTi COM EFM**

Manoel Quirino da Silva Júnior  
Áleft Verlanger Rocha Gomes  
Francielle Cristine Pereira Gonçalves  
Dyana Alves de Oliveira  
Ricardo Alan da Silva Vieira  
Brenda Nathália Fernandes Oliveira  
Juciane Vieira de Assis  
Mariza Cláudia Pinheiro de Assis  
Bárbara Jéssica Pinto Costa  
Diogo Silva de Aguiar Nobre

**DOI 10.22533/at.ed.1332023116**

**CAPÍTULO 7..... 65**

**METAIS, CERÂMICAS E POLÍMEROS: SUAS APLICAÇÕES COMO BIOMATERIAL**

Thaíla Gomes Moreira  
Amanda Melissa Damião Leite  
Kaline Melo de Souto Viana

**DOI 10.22533/at.ed.1332023117**

<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>75</b>
<b>COMPONENTES FÍSICOS E SISTEMAS EMBARCADOS EM UM SISTEMA DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA</b>	
Paulo Henrique Tokarski Glinski	
Alex Luiz de Sousa	
Mário Ezequiel Augusto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1332023118</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>82</b>
<b>ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO CAMPO ELÉTRICO EM ESTRUTURAS PERIÓDICAS CONSIDERANDO O EFEITO DISPERSIVO DO MATERIAL</b>	
André Ferreira Teixeira	
Moacir de Souza Júnior	
Ramon Dornelas Soares	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1332023119</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>96</b>
<b>ARIMA METHODOLOGY APPLIED TO DEVELOP A VERY SHORT-TERM WIND POWER FORECAST MODEL FOR THE PALMAS WIND FARM (BRAZIL)</b>	
Paulo Henrique Soares	
Alexandre Kolodynskie Guetter	
<b>DOI 10.22533/at.ed.13320231110</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>113</b>
<b>LOGÍSTICA REVERSA DE PNEUS INSERVÍVEIS EM MACEIÓ</b>	
Adriano Marinheiro Pompeu	
João Victor de Holanda Porto Correia	
Lara Joanna Cardoso Nunes Ferreira	
Libel Pereira da Fonseca	
Nicole Maria da Silva Romeiro	
João Marcos da Silva Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.13320231111</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>127</b>
<b>A INTEGRAÇÃO DO <i>ESPAÇO</i> COMO UM FATOR DE RISCO PSICOSSOCIAL NO TRABALHO: AVALIAÇÃO E INTERVENÇÃO</b>	
Carla Nunes de Carvalho Peixoto de Barros	
Luís Manuel Moreira Pinto de Faria	
<b>DOI 10.22533/at.ed.13320231112</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>138</b>
<b>REDIRECIONAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS: PERSPECTIVAS, DESAFIOS E LEGADOS DA COMPOSTAGEM EM PRÁTICAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA</b>	
Rui Pedro Cordeiro Abreu de Oliveira	
Carlos de Araújo de Farrapeira Neto	
Iury de Melo Venâncio	
Camila Santiago Martins Bernardini	

Fernando José Araújo da Silva  
Leonardo Schramm Feitosa  
Ana Vitória Gadelha Freitas  
Ingrid Katelyn Costa Barroso  
Gerson Breno Constantino de Sousa  
André Luís Oliveira Cavaleiro de Macêdo  
Enio Giuliano Girão  
Raquel Jucá de Moraes Sales

**DOI 10.22533/at.ed.13320231113**

**CAPÍTULO 14..... 151**

**CONTRIBUTO PARA ESTUDO DA ASPROCIVIL, DE NATUREZA SOCIOECONÓMICA, NO ÂMBITO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS: ANÁLISE AOS PLANOS SETORIAIS COM INCIDÊNCIA TERRITORIAL (PSIT)**

João Rodrigues dos Santos  
Ricardo Tojal Ribeiro  
Alexandra Santos Domingos

**DOI 10.22533/at.ed.13320231114**

**CAPÍTULO 15..... 168**

**ESTUDO SOCIOECONÓMICO DA ASPROCIVIL NO ÂMBITO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS EM PORTUGAL: ANÁLISE AOS PLANOS ESPECIAIS DE ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO (PEOT)**

João Rodrigues dos Santos  
Ricardo Tojal Ribeiro  
Alexandra Santos Domingos

**DOI 10.22533/at.ed.13320231115**

**CAPÍTULO 16..... 179**

**PLANEAMENTO NACIONAL DE DEFESA DA FLORESTA CONTRA INCÊNDIOS (PNPOT): CONTRIBUTO PARA ESTUDO DA ASPROCIVIL, DE NATUREZA SOCIOECONÓMICA, NO ÂMBITO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS**

João Rodrigues dos Santos  
Ricardo Tojal Ribeiro  
Alexandra Santos Domingos

**DOI 10.22533/at.ed.13320231116**

**CAPÍTULO 17..... 190**

**MEDIDAS PROTETIVAS EM PROPRIEDADE INTELECTUAL DOS VINHOS PRODUZIDOS NA REGIÃO DEMARCADA DO DOURO/PORTUGAL**

Fátima Regina Zan  
Rosângela Oliveira Soares  
Carmen Regina Dorneles Nogueira  
Manuel Luís Tibério  
Jonas Pedro Fabris  
Suzana Leitão Russo

**DOI 10.22533/at.ed.13320231117**

<b>CAPÍTULO 18.....</b>	<b>200</b>
<b>GERAÇÃO DE PLANTAS DE VALORES GENÉRICOS COM APLICAÇÃO DE REGRESSÃO GEOGRAFICAMENTE PONDERADA</b>	
Carlos Augusto Zilli	
Luiz Fernando Palin Droubi	
Murilo Damian Ribeiro	
Norberto Hochheim	
<b>DOI 10.22533/at.ed.13320231118</b>	
<b>CAPÍTULO 19.....</b>	<b>226</b>
<b>AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO SENSORIAL DE ALUNOS DE GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO</b>	
Maria Fabrícia Beserra Gonçalves	
Ana Karine de Oliveira Soares	
Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.13320231119</b>	
<b>CAPÍTULO 20.....</b>	<b>231</b>
<b>ESTRATÉGIA DE CONVERSÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR NATALENSE EM GATILHO DE CONSTRUÇÃO DAS CIDADES INTELIGENTES</b>	
Allan David Silva da Costa	
Pollianna Torres dos Santos Medeiros da Silva	
Silvania de Souza Araújo	
Zulmara Virginia de Carvalho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.13320231120</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>241</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>242</b>



## METAIS, CERÂMICAS E POLÍMEROS: SUAS APLICAÇÕES COMO BIOMATERIAL

Data de aceite: 01/12/2020

### Thaíla Gomes Moreira

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Departamento de Engenharia Biomédica  
Natal – RN  
<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4037779H6>

### Amanda Melissa Damião Leite

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Escola de Ciências e Tecnologia  
Natal – RN  
<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4711010H3>

### Kaline Melo de Souto Viana

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Escola de Ciências e Tecnologia  
Natal – RN  
<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4762568D0>

**RESUMO:** Biomateriais são uma parte importante dos cerca de 300.000 produtos usados na saúde. Devido à grande diversidade de materiais que se enquadram nessa classificação. Este trabalho de revisão propõe-se em estabelecer um levantamento bibliográfico acerca de alguns trabalhos desenvolvidos na última década com relação à biomateriais nas mais diversas áreas da saúde. Diante do levantamento bibliográfico apresentado é incontestável a gama de aplicações a que os biomateriais (metais, cerâmicas, polímeros ou

compósitos), se enquadram. Ressaltamos ainda a necessidade inerente de constantes pesquisas frente aos novos materiais desenvolvidos pela ciência e tecnologia de materiais e o crescente desenvolvimento da nanotecnologia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomateriais, aplicações, saúde.

### METALS, CERAMICS AND POLYMERS: ITS APPLICATIONS AS BIOMATERIAL

**ABSTRACT:** Biomaterials are an important part of the nearly 300,000 products used in healthcare. Due to the great diversity of materials that fit this classification, this review work proposes to establish a bibliographic survey about some works developed during the past decade related to biomaterials in the most diverse areas of health. Given the bibliographic survey presented, the range of applications to which biomaterials (metals, ceramics, polymers or composites) fall is undeniable. We also emphasize the inherent need for constant research in the face of new materials developed by materials science and technology and the growing development of nanotechnology.

**KEYWORDS:** Biomaterials, applications, health.

## 1 | INTRODUÇÃO

Segundo Soares (2005, p. 2 apud PIRES; BIERHALZ; MORAES, 2015), “Os biomateriais compreendem uma representativa fração dos produtos utilizados na área de saúde, estimados em cerca de 300 mil há cerca de 10 anos”.

Exemplos de algumas das diversas aplicações desses biomateriais são dados por Pires, Bierhalz e Moraes (2015) como:

“dispositivos biomédicos (como biossensores, tubos de circulação sanguínea, sistemas de hemodiálise), materiais implantáveis (como suturas, placas, substitutos ósseos, tendões, telas ou malhas, válvulas cardíacas, lentes, dentes), dispositivos para a liberação de medicamentos (na forma de filmes, implantes subdérmicos e partículas), órgãos artificiais (como coração, rim, fígado, pâncreas, pulmões, pele) e curativos, dentre muitos outros”

De acordo com o Manual para regularização de equipamentos médicos na ANVISA (2020) “equipamentos médicos estão inseridos na categoria de produtos para a saúde, outrora denominados de correlatos, em conjunto com os materiais de uso em saúde (exemplo: cateter, implantes ortopédicos, etc) e os produtos de diagnóstico de uso in vitro (reagentes, catalisadores, etc)”. Produtos médicos ativos, implantáveis ou não implantáveis, compõe os equipamentos médicos, podendo ser incluídos ainda, os não ativos, como é o caso de camas hospitalares, cadeiras de rodas, entre outros.

No entanto, do ponto de vista educacional e científico é necessário definir substancialmente a que se refere o termo biomaterial, para assim poder-se classificar e enumerar as suas utilidades e aplicações na grande área da saúde.

Desta forma, este artigo de revisão propõe-se em realizar um breve levantamento bibliográfico sobre as três classes de materiais (metais, cerâmicas e polímeros) inserindo-os como biomateriais e descrever as principais aplicações dos mesmos nas mais diversas especialidades da medicina e da odontologia, dando ênfase a alguns trabalhos desenvolvidos ao longo da última década.

## 2 | BIOMATERIAIS

A definição de biomateriais, mais amplamente utilizada, segundo Marin, Boschetto e Pezzotti (2020), data de 1991 e foi cunhada durante a “Conferência de Consenso” de Chester, Reino Unido, de acordo com a qual

“Qualquer substância ou combinação de substâncias, que não sejam drogas, de origem natural ou sintética, que possa ser usada por qualquer período de tempo, que aumente ou substitua parcial ou totalmente qualquer tecido, órgão ou função do corpo, a fim de manter ou aumentar a qualidade de vida do indivíduo”.

Isso significa que, no sentido mais amplo, são enquadrados nessa categoria todos os materiais empregados na medicina, odontologia, medicina veterinária e farmacologia, além daqueles que entram na forma de implantes em contato direto com o tecido do corpo.

De acordo com o Instituto Nacional de Imagem Biomédica e Bioengenharia dos Estados Unidos (2017), biomateriais podem ser criados a partir de metais, cerâmicas,

polímeros, vidros, além de células vivas e tecidos, os quais podem ser moldados ou adaptados para o uso em diversos produtos e equipamentos biomédicos. Qualquer material que, utilizado para o que foi projetado, produza poucos, ou nenhum, dos estímulos inflamatórios que produzem essas respostas do tecido pode ser denominado biocompatível (HENCH; WILSON, 2013).

O termo 'biocompatibilidade' foi utilizado para designar o desempenho biológico dos materiais. Hench e Wilson (2013) definem que “um material biocompatível é aquele que possui a capacidade de funcionar com uma resposta apropriada do hospedeiro em uma aplicação específica”, enfatizando que não se trata da ausência de toxicidade, mas de uma exigência de que o material tenha um desempenho adequado.

Marin *et al.* (2020) afirmam que as maneiras mais comuns de classificar biomateriais são baseadas na estrutura química (metal, cerâmica, polímero e compósitos) e no grau de interação com o meio biológico (inerte, bioativo, biodegradável), existindo ainda uma terceira, menos utilizada, baseada na origem do material, sendo ele natural ou sintético. Para Hench e Wilson (2013) existe ainda um quarto grau de interação com o meio, sendo este o tóxico.

Hench e Wilson (2013) descrevem os materiais quase inertes como os que causam o tipo de resposta mais comum, na qual o corpo forma uma capsula fibrosa, não aderente, em volta do material implantado, afim de isolá-lo. A espessura da capsula fibrosa varia de acordo com tipo de tecido com o qual faz interface, quantidade de movimentação entre outros fatores. As cerâmicas costumam ser muito estáveis e, portanto, enquadrar-se neste grupo.

Segundo Hench e Wilson (2013), materiais considerados bioativos são aqueles que formam algum tipo de ligação interfacial com os tecidos, prevenindo movimentação e, imitando o tipo de interface formado quando tecidos do corpo se recuperam ou reparam sem interferência externa. No caso mais comum, que são os implantes para uso no tecido ósseo, essa ligação é chamada osteointegração. Isso significa que a afinidade físico-química da superfície é tão grande que há osteocondução e recobrimento do implante por células ósseas. Esse tipo de fenômeno pode ser estimulado pela morfologia da superfície, como o desenvolvimento de uma rugosidade e porosidade adequadas para o crescimento ósseo. Os principais materiais bioativos são os vidros e vitro-cerâmicos à base de fosfato de cálcio.

Quanto aos materiais biodegradáveis, são definidos como aqueles cuja taxa de mudanças na interface bioativa é rápida o suficiente para serem “dissolvidos” ou “reabsorvidos” e substituídos pelos tecidos ao redor. Os produtos dessa degradação não devem ser tóxicos ou causar dano as células. Os maiores exemplos são os polímeros biodegradáveis, como o poli(ácido láctico) (PLA) e o poli(ácido glicólico) (PGA) (HENCH; WILSON, 2013).

Os principais avanços no campo dos biomateriais têm ocorrido principalmente devido ao aumento do número de pacientes, em função do aumento da população e da expectativa de vida, que necessitam obter melhoria na qualidade de vida. O crescimento da expectativa de vida aumenta o número de pacientes nos hospitais em função principalmente da ocorrência de osteoporose e de acidentes nos meios de transporte. Além disso, a ampliação do número de pacientes nos hospitais está diretamente correlacionado à proliferação de veículos de transporte, gerando aumento no número de acidentes com lesões graves. Também o desenvolvimento das técnicas cirúrgicas tem expandido a demanda por próteses, implantes e equipamentos médicos.

### 3 | APLICAÇÕES DOS BIOMATERIAIS

A área de atuação dos biomateriais sejam eles, metálicos, cerâmicos ou poliméricos, é a mais variada possível, no entanto pode-se relacionar algumas áreas que mais se destacam: na ortopedia, como substitutos parciais ou totais de ossos, pinos de fixação, enxertos e preenchimentos para regeneração óssea; na cardiologia, stents, marca-passos, válvulas cardíacas e cateteres; na cirurgia buco-maxilo-facial, na reconstrução de ossos dos seios da face, mandíbula e maxilar; na cirurgia plástica, implantes mamários, materiais para preenchimento cutâneo e materiais para regeneração tissular; na odontologia, como pinos de fixação de implantes dentários fixos, como cimentos endodônticos, materiais restauradores, aparelhos ortodônticos e materiais para confecção de coroas; na farmacologia, materiais para liberação controlada de drogas (drug delivery); na medicina preventiva, materiais para contraste em RMN (ressonância magnética nuclear) e marcadores biológicos (ex.: detectores de glicose); dentre tantas outras que podem ser elencadas.

Desta forma, abaixo estão relacionados alguns trabalhos científicos realizados na última década que demonstram a grande variedade de utilização desses biomateriais.

Cardoso *et al.* (2010) observaram o crescimento de um neomenisco por entre as porosidades de uma prótese com objetivo de proteger a cartilagem articular do joelho. Para isto, foram operados 70 joelhos de 35 coelhos da raça Nova Zelândia com idades entre cinco e sete meses, pesando entre dois e 3,8 quilogramas, sendo 22 machos e 13 fêmeas. Estes, foram submetidos no mesmo tempo cirúrgico à meniscectomia medial nos dois joelhos, em um lado foi implantada prótese meniscal de polímero bioabsorvível composta por 70% de poli(dioxanona) e 30% de poli(L-ácido láctico). Realizada eutanásia com diferentes tempos pós-implante, os côndilos femorais mediais e o neomenisco foram submetidos à análise histológica, observando-se a degradação e absorção da prótese, o crescimento de tecido meniscal na mesma, e o grau de degradação da cartilagem articular dos côndilos femorais, medido pelo histograma. Os resultados obtidos revelaram que ocorreu o crescimento de tecido histologicamente semelhante ao menisco normal, com absorção gradual da prótese. Assim, concluiu-se que ocorreu crescimento de tecido por entre os poros da prótese com

características histológicas semelhantes a do menisco normal de coelho e que a cartilagem articular dos côndilos femorais no lado com implante da prótese apresenta maior número de condrócitos em todas as suas camadas.

Shirane *et al.* (2010) avaliaram a importância do colágeno e da hidroxiapatita na regeneração de fraturas provocadas experimentalmente na fíbula de ratos. Para a realização deste estudo utilizou-se 15 ratos, os quais foram submetidos à cirurgia para retirada de um fragmento da fíbula, sendo o local enxertado com tubos de silicone preenchidos com hidroxiapatita e colágeno. Como resultados foi possível observar que ocorreu pouca neoformação óssea no interior dos tubos preenchidos com os biomateriais sendo em maior quantidade naqueles com colágeno. Os autores concluíram que os biomateriais usados apresentaram biocompatibilidade e capacidade osteocondutora capaz de estimular a osteogênese mesmo nos ossos com funções mecânicas e morfológicas secundárias como a fíbula de ratos.

Sotto-Maior *et al.* (2011) realizou realizaram um estudo de caracterização do efeito das partículas de hidroxiapatita bovina (HA) nos estágios iniciais da reparação óssea em modelo de defeito ósseo em fêmur de ratos. Um defeito ósseo não crítico de 2 mm de diâmetro foi feito em cada fêmur de 25 ratos Wistar albinos. O defeito do fêmur esquerdo foi preenchido com HA enquanto a cavidade direita foi preenchida apenas com sangue. Cinco animais foram sacrificados no 1º, 3º, 5º, 7º e 14º dia pós-cirúrgico. Os cortes histológicos do tecido ósseo foram corados com hematoxilina e eosina para comparação da resposta inflamatória por microscopia óptica. A análise histomorfométrica do tecido ósseo neoformado foi avaliado nos três últimos períodos utilizando o teste t de Student para comparação de ambos os grupos em cada período de avaliação ( $\alpha=0,05$ ). Como resultados de sua pesquisa, os autores observaram que a análise histológica mostrou o mesmo padrão de reparação óssea no 1º e 3º dia; entretanto, no 5º dia pós-cirúrgico houve um maior depósito de fibras de colágeno ao redor dos cristais de hidroxiapatita e uma maior espessura do perióstio oposto. Observou-se também que não houve diferença histomorfométrica significativa entre os grupos em todos os períodos avaliados. Sendo assim, os autores concluíram que a hidroxiapatita não acelerou os estágios iniciais da reparação óssea, apresentando apenas efeito significativo a partir do quinto dia pós-cirurgia, passando a induzir um maior depósito de fibras de colágeno.

Colombo *et al.* (2011) enfatizam que o tratamento de lesões traumáticas da órbita permanece um desafio para o cirurgião buco-maxilo-facial. Quando a correção cirúrgica não é realizada ou é feita de maneira inadequada, pode ocorrer enoftalmia, diplopia, distopia ocular, restrição da movimentação ocular e disfunção do nervo infraorbital. A importância da cirurgia consiste em liberar o tecido orbitário herniado pelo foco de fratura, restaurar a arquitetura normal da órbita, objetivando um resultado estético e funcional adequado. Nas últimas décadas, vários avanços ocorreram no tratamento cirúrgico destas fraturas, bem como nos métodos diagnósticos. Com o desenvolvimento de tomografias computadorizadas

de múltiplos detectores, tornou-se possível a análise tridimensional da órbita, assim como sua avaliação volumétrica, o que revolucionou o manejo cirúrgico destas fraturas. Outro fator com impacto direto nas reconstruções das órbitas é a disponibilidade de diversos biomateriais, para restauração das paredes orbitárias. Desta forma, os autores realizaram um estudo objetivando revisar os materiais disponíveis para reconstrução nos casos de fraturas do assoalho da órbita, comparando suas aplicabilidades práticas e destacando aqueles mais utilizados no Serviço de Cirurgia Plástica do Hospital de Clínicas da Unicamp, nos últimos anos. Dentre os materiais disponíveis no hospital acima citado, foram destacados o osso autógeno de calota craniana, a cartilagem de concha auricular, a tela de titânio e o polietileno poroso de alta densidade. Cada biomaterial apresenta indicações específicas, de acordo com as características da fratura orbitária, sendo considerados, para a escolha do material, os resultados a longo prazo e a experiência do cirurgião. Revendo a literatura, os autores puderam concluir que a seleção de materiais para a reconstrução de assoalho de órbita é um assunto amplo, pois existe uma série de biomateriais, facilmente disponíveis, que promovem resultados confiáveis no reparo de várias lesões. Porém, o conhecimento dos materiais existentes evita a aplicação imprópria, o que pode reduzir a ocorrência de complicações.

Guimarães *et al.* (2011) destacam que os materiais de fosfato de cálcio, pelas características de biocompatibilidade e osteocondução, estão sendo estudados como substitutos ósseos. Então foi realizado um estudo com o intuito de comparar histomorfometricamente o reparo ósseo promovido pela cerâmica bifásica de hidroxiapatita, cimento fosfato de cálcio e enxerto ósseo autógeno. Para isto, foram criadas duas cavidades (esquerda e direita - teste e controle) de 5mm de diâmetro nos ossos parietais de 72 ratos Wistar. As cavidades testes GI, GII, GIII e GIV foram preenchidas com cimento fosfato de cálcio, cerâmica bifásica de hidroxiapatita, enxerto ósseo autógeno e coágulo sanguíneo, respectivamente. Os animais foram sacrificados aos 30, 60 e 90 dias e os espécimes avaliados histomorfometricamente. Por meio dos resultados obtidos, observou-se que houve maior formação óssea no período de 30 dias para o GIII (enxerto ósseo autógeno) quando comparado aos outros grupos testes. Nos períodos de 60 e 90 dias, a neoformação óssea foi mais acentuada nos grupos testes GI (cimento fosfato de cálcio), GII (cerâmica bifásica de hidroxiapatita) e GIII, alcançando maiores áreas em GI e GII. Em todos os períodos de avaliação, as cavidades testes GII apresentaram maiores áreas frente às GI. Assim conclui-se que é lícito afirmar a superioridade na neoformação óssea promovida pela cerâmica bifásica de hidroxiapatita e pelo cimento fosfato de cálcio frente ao enxerto ósseo autógeno, fato este que coloca as biocerâmicas como adjuntos cirúrgicos em procedimentos craniomaxilofaciais que necessitem de enxertos ósseos.

Costa *et al.* (2015) avaliaram, por meio de análise histomorfométrica, em modelo de enxerto de tamanho crítico de calvária de rato, o processo de regeneração óssea utilizando grânulos de beta-fosfato tricálcico ( $\beta$ -TCP), pois apresenta excelente compatibilidade

biológica, osteocondutividade e reabsorção, e  $\beta$ -TCP com cátions bivalentes, como o magnésio, incorporados a sua estrutura ( $\beta$ -TCMP), para melhorar a resposta biológica ao material por meio da liberação de íons bioativos. Os resultados demonstraram que seis meses após o enxerto ósseo, a associação de GBR (regeneração óssea guiada) usando uma membrana (GenDerm®) e grânulos de  $\beta$ -TCP e  $\beta$ -TCMP melhora significativamente o reparo ósseo no tratamento de defeito de tamanho crítico em crânios de ratos, em comparação com defeitos não tratados ou GBR sozinho, levando a um nível ósseo aproximadamente quatro a cinco vezes maior do que no grupo do coágulo sanguíneo. Os autores observaram ainda que o grupo  $\beta$ -TCMP + membrana GenDerm® representou 40,5% da área do defeito preenchida por osso neoformado, mesmo na parte central do defeito, e não apenas na borda, como visto nos demais grupos experimentais.

Cardoso *et al.* (2018) realizaram estudos in vivo, utilizando diferentes composições de biomateriais em dois defeitos de tamanho crítico: tibia e osso parietal, afim de relatar a importância da localização do defeito crítico para ensaios in vivo. A policaprolactona foi usada como matriz polimérica principal com e sem adição de hidroxiapatita. Estudos in vivo sobre o defeito de tamanho crítico padrão na tibia e osso parietal foram realizados usando modelos de Wistars: dimensões 3x2 e 5x1, respectivamente. Os animais foram sacrificados após 32 dias; a neoformação óssea foi avaliada com os dados histológicos. Os dados in vivo demonstraram diferenças entre os grupos de tibia e osso parietal: a influência do tipo de osso na neoformação óssea foi notável. Todas as amostras de defeito da tibia apresentaram maior volume de neobônios quando comparadas aos dados parietais. É fato que, esses ossos têm embriologia distinta, e que a influência de forças mecânicas e taxa de vascularização que são bem conhecidas; tendo estas características demonstrado serem críticas para a neoformação de óssea.

Lecio *et al.* (2019) avaliaram os resultados clínicos, microbiológicos e imunológicos do uso de nano esferas de PLGA contendo 20% de DOXY no tratamento de pacientes com diabéticos tipo 2 (DM-2) com diagnóstico de periodontite crônica (CP). Para a realização desse estudo, foi conduzido um ensaio clínico paralelo, duplo-cego, randomizado e controlado por placebo em (DM-2) que apresentavam CP grave e generalizada. Todos os pacientes receberam FMUD em um estágio e foram divididos aleatoriamente em dois grupos: PLAC (n =20) — que recebeu aplicação local de placebo, e DOXY (n =20) — que recebeu aplicação local de DOXY; ambos em seis locais não contíguos. Avaliações clínicas, metabólicas, de padrão de citocinas e microbiológicas foram realizadas no início do estudo e 1, 3 e 6 meses após o tratamento. Ambos os grupos apresentaram melhora clínica em todos os parâmetros após o tratamento ( $p < 0,05$ ). Bolsos profundos mostraram melhorias em BoP (3 e 6 meses), PD (em 3 meses) e ganho de CAL (em 1 e 3 meses) favorecendo DOXY ( $p < 0,05$ ). A porcentagem de locais com redução da PD e ganho de CAL  $\geq 2$  mm foi maior no DOXY em 3 meses ( $p < 0,05$ ). O grupo DOXY exibiu um aumento significativo nos níveis de interleucina anti-inflamatória (IL) -10 e uma redução em IL-8,

IFN- $\gamma$ , IL-6 e IL-17 ( $p < 0,05$ ), redução significativa nos patógenos periodontais ( $p < 0,05$ ), e uma porcentagem média inferior de HbA1C em 3 meses ( $p < 0,05$ ). Logo, os autores concluíram que as nanoesferas DOXY podem ser consideradas um potencial adjuvante ao desbridamento mecânico na terapia da periodontite em DM-2, oferecendo benefícios adicionais em bolsas profundas, melhorando o perfil de citocinas e reduzindo os níveis de patógenos periodontais, alcançando ainda, benefícios adicionais na modulação local de citocinas, redução microbiana e parâmetros clínicos, especialmente em bolsas profundas.

Silva *et al.* (2019) conduziram um estudo sobre a utilização de arcabouços, compostos de matriz polimérica, em sistemas de drug delivery. Para isso, produziram matrizes de polihidroxibutirato biocompatível (PHB) e quitosana (Chi), por moldagem por compressão (SPHB-Chi), e carregadas com clorexidina (CHX) de amplo espectro (SPHB-Chi-CHX). As matrizes foram analisadas em MEV, enquanto a capacidade do SPHB-Chi de absorver e entregar CHX foi avaliada por UV-Vis. Usando o método de difusão em disco-água a atividade antibacteriana das amostras contra *S. aureus*, *P. aeruginosa* e *E. coli* (patógenos mais comuns que causam infecção em vários locais do corpo) foi avaliada. Os autores ajustaram os resultados pelo modelo da Lei de Potência, os quais sugeriram que a morfologia e o perfil de liberação de CHX estavam diretamente relacionados com a quantidade de Chi nas amostras e também mostraram que o SPHB-Chi-CHX é capaz de inibir a proliferação de microrganismos, constituindo-se como um candidato potencial para aplicações orais.

Lima *et al.* (2020) descrevem um método para produzir um substituto ósseo injetável, o qual consiste de fases sólida e líquida. O sólido foi formado por meio de coacervação utilizando uma mistura de Hidroxiapatita (HAp), beta-fosfato tricálcico ( $\beta$ -TCP) e removendo o precursor, alginato de sódio, durante a sinterização. As microesferas de fosfato de cálcio bifásico tiveram distribuições de tamanho variadas dependendo da taxa de fluxo e foram misturadas a uma solução polimérica de quitosana e polietileno glicol, variando os resultados de injetabilidade dependendo da proporção dessas fases. Apesar da força necessária para a remoção completa do precursor, esta não afetará a precisão da injeção no defeito ósseo. O biomaterial não apresentou citotoxicidade, e demonstrou resultados promissores in vivo usando defeito ósseo da tíbia em coelhos em 30 e 60 dias, sendo observado que o reparo ósseo foi mais intenso e acentuado com o uso do biomaterial, absorvido gradativamente durante os períodos avaliados.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do levantamento bibliográfico apresentado é incontestável a imensa gama de aplicações a que os biomateriais, sejam eles metais, cerâmicas, polímeros ou compósitos, se enquadram. Ressaltamos ainda a necessidade inerente de constantes pesquisas na promissora área de biomateriais, uma vez que todos os dias nos deparamos com novos



materiais desenvolvidos a partir da ciência e tecnologia de materiais bem como do crescente desenvolvimento da nanotecnologia.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Gerência de Tecnologia em Equipamentos Médicos - Gquip. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa (org.). **MANUAL PARA REGULARIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS NA ANVISA**. Brasília: Anvisa, 2020. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33912/264673/Manual+para+regulariza%C3%A7%C3%A3o+de+equipamentos+m%C3%A9dicos+na+Anvisa/ad655639-303e-471d-ac47-a3cf36ef23f9>. Acesso em: 01 ago. 2020.

CARDOSO, Guineia Brasil Camargo; CHACON, Erivelto Luis; MAIA, Luis Ricardo Barbosa; ZAVAGLIA, Cecília Amélia de Carvalho; CUNHA, Marcelo Rodrigues da. The Importance of Understanding Differences in a Critical Size Model: a preliminary in vivo study using tibia and parietal bone to evaluate the reaction with different biomaterials. **Materials Research**, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 1-6, 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2018-0491>.

CARDOSO, Tulio Pereira; DUEK, Eliana Aparecida de Rezende; AMATUZZI, Marco Martins; CAETANO, Edie Benedito. Prótese meniscal de polímero bioabsorvível: estudo em coelhos. **Revista Brasileira de Ortopedia**, [S.L.], v. 45, n. 3, p. 247-259, jun. 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-36162010000300006>.

COLOMBO, Luciana Rodrigues da Cunha; CALDERONI, Davi Reis; ROSIM, Endrigo Toresan; PASSERI, Luis Augusto. Biomateriais para reconstrução da órbita: revisão da literatura. **Revista Brasileira de Cirurgia Plástica (Impresso)**, [S.L.], v. 26, n. 2, p. 337-342, jun. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1983-51752011000200025>.

COSTA, Neusa M.F.; YASSUDA, Debora H.; SADER, Marcia S.; FERNANDES, Gustavo V.O.; SOARES, Glória D.A.; GRANJEIRO, José M.. Osteogenic effect of tricalcium phosphate substituted by magnesium associated with Genderm® membrane in rat calvarial defect model. **Materials Science And Engineering: C**, [S.L.], v. 61, p. 63-71, abr. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.msec.2015.12.003>.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. NATIONAL INSTITUTE OF BIOMEDICAL IMAGING AND BIOENGINEERING. **Biomaterials**. 2017. Disponível em: <https://www.nibib.nih.gov/science-education/science-topics/biomaterials>. Acesso em: 29 ago. 2020.

GUIMARÃES, Karis Barbosa; VASCONCELOS, Belmiro Cavalcanti do Egito; LIMEIRA JÚNIOR, Francisco de Assis; SOUSA, Frederico Barbosa de; ANDRADE, Emanuel Sávio de Souza; VASCONCELLOS, Ricardo José de Holanda. Histomorphometric evaluation of calcium phosphate bone grafts on bone repair. **Brazilian Journal Of Otorhinolaryngology**, [S.L.], v. 77, n. 4, p. 447-454, ago. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1808-86942011000400007>.

HENCH, Larry L.; WILSON, June. Introduction. In: HENCH, Larry L. (ed.). **AN INTRODUCTION TO BIO-CERAMICS**. 2. ed. Londres: Imperial College Press, 2013. p. 1-26.

LECIO, Giovana; RIBEIRO, Fernanda Vieira; PIMENTEL, Suzana Peres; REIS, Aurélio Amorin; SILVA, Rafaela Videira Clima da; NOCITI-JR, Francisco; MOURA, Lucas; DUEK, Eliane; CASATI, Marcio; CASARIN, Renato Corrêa Viana. Novel 20% doxycycline-loaded PLGA nanospheres as adjunctive therapy in chronic periodontitis in type-2 diabetics: randomized clinical, immune and microbiological trial. **Clinical Oral Investigations**, [S.L.], v. 24, n. 3, p. 1269-1279, 20 jul. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00784-019-03005-9>.

LIMA, Daniel Bezerra; SOUZA, Mônica Adriana Araújo de; LIMA, Gabriel Goetten de; SOUTO, Erick Platiní Ferreira; OLIVEIRA, Hugo Miguel Lisboa; FOOK, Marcus Vinícius Lia; SÁ, Marcelo Jorge Cavalcanti de. Injectable bone substitute based on chitosan with polyethylene glycol polymeric solution and biphasic calcium phosphate microspheres. **Carbohydrate Polymers**, [S.L.], v. 245, p. 1-12, out. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116575>.

MARIN, Elia; BOSCHETTO, Francesco; PEZZOTTI, Giuseppe. Biomaterials and biocompatibility: an historical overview. **Journal Of Biomedical Materials Research Part A**, [S.L.], v. 108, n. 8, p. 1617-1633, 31 mar. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jbm.a.36930>.

PIRES, Ana Luiza R.; BIERHALZ, Andréa C. K.; MORAES, Ângela M. BIOMATERIAIS: tipos, aplicações e mercado. **Química Nova**, [S.L.], v. 38, n. 7, p. 957-971, 2015.

SHIRANE, Henrique Yassuhiro; ODA, Diogo Yochizumi; PINHEIRO, Thiago Cerizza; CUNHA, Marcelo Rodrigues da. Implantes de biomateriais em falha óssea produzida na fíbula de ratos. **Revista Brasileira de Ortopedia**, [S.L.], v. 45, n. 5, p. 478-482, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-36162010000500017>.

SILVA, Talita Goulart da; GOBBI, Vinícius Guedes; TEIXEIRA, Bruna Nunes; MENDONÇA, Tiago dos Santos; CUBIÇA, Thassio Brandão; AQUINO, Layla Ferraz; SILVA, Jean Araújo das Neves; THIRÉ, Rossana Mara da Silva Moreira; MENDONÇA, Roberta Helena. Mass Variation Rate, in Acidic Environment, of Polyhydroxybutyrate and Chitosan matrices with Potential Application as Controlled Drug Delivery System. **Materials Research**, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 1-7, 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2018-0863>.

SOTTO-MAIOR, Bruno Salles; SENNA, Plínio Mendes; AARESTRUP, Beatriz Julião V; RIBEIRO, Rosangela Almeida; ASSIS, Neuza Maria de Souza Picorelli; CURY, Altair Antoninha del Bel. Effect of bovine hydroxyapatite on early stages of bone formation. **Revista Odonto Ciência (Online)**, [S.L.], v. 26, n. 3, p. 198-292, 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1980-65232011000300001>.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acuidade Sensorial 226, 228, 229

Alumínio 3, 10, 11, 12, 13, 14, 20, 21, 22, 228

Análise Sensorial 226, 227, 228, 229, 230

Aplicações 9, 11, 12, 13, 20, 21, 23, 29, 31, 34, 56, 65, 66, 68, 72, 74, 111

Arquitetura 69, 127, 134, 135

Asprocivil 151, 168, 169, 179

### B

Biomateriais 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74

### C

Carga 16, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 36, 38, 39, 48, 54, 56, 57, 59, 62, 78, 79, 83

Compostagem 138, 139, 140, 141, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 149

Condutividade Elétrica 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 16, 18, 19, 20

Contrafações 190, 193, 197, 198

### D

Desenvolvimento Local 113, 114, 115, 124, 126

Dispersão Dielétrica 82

Drones 75, 76, 80, 81

### E

Econometria Espacial 200

Economia Imobiliária 200

Embarcados 75, 77, 78, 79, 80

Espaço 3, 32, 76, 81, 112, 113, 127, 134, 135, 136, 141, 143, 144, 145, 147, 148, 157, 188, 197, 202, 205, 228

### F

Fios Ortodônticos 24, 25, 31, 32, 33, 54, 56, 57, 63

### G

GWR 200, 201, 202, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224

## I

Incêndio 115, 151, 157, 161, 162, 163, 168, 170, 173, 176, 179, 180, 183, 184, 185, 186

Inovação 75, 76, 80, 81, 199

## L

Laboratórios 139, 141, 143, 145, 147, 148

Liga 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 31, 32, 54, 56, 58, 64

## M

Macroestrutura 11, 19

Meio Ambiente 35, 46, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 123, 124, 125, 126, 140, 149

Memória de Forma 23, 25, 32, 33, 54, 55, 56, 64

## P

PEOT 168, 169, 170, 171, 172, 176

Permissividade Elétrica 82, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 94

Planta 160, 161, 162, 173, 175, 200, 203, 221, 222, 223, 225

Pneus 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126

Prevenção 151, 152, 153, 157, 158, 159, 160, 164, 165, 166, 168, 169, 170, 172, 174, 175, 176, 179, 180, 181, 183, 185, 187, 189

Propriedade Intelectual 190, 193, 198, 199

PVG 200, 201, 203, 209, 220, 221, 222, 223, 224

## R

Regressão 200, 202, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 211, 212, 214, 215, 216, 217, 219, 220, 221, 224, 225

Resíduos 114, 115, 117, 118, 125, 126, 138, 139, 140, 141, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 202, 212, 214

Resistividade 1, 3, 4, 5, 11, 14, 16, 17, 18, 20

Riscos 127, 128, 129, 134, 135, 136, 137, 141, 151, 152, 153, 157, 158, 164, 165, 166, 169, 170, 172, 176, 179, 180, 187

RPAS 75, 76, 77, 80

Rugosidade 67

## S

Saúde 45, 65, 66, 114, 117, 120, 127, 128, 129, 130, 131, 133, 134, 135, 137, 138, 140, 149, 152, 154, 155, 157, 158

Seleção de Assessores 226

Solidificação 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 19, 20, 21, 22

Superelasticidade 23, 24, 25, 32, 33, 55, 56

Sustentabilidade 78, 113, 115, 124, 126, 139, 164, 189

## **T**

Tecnologia 1, 9, 10, 11, 21, 43, 65, 73, 75, 76, 78, 80, 81, 125, 127, 241

Trabalho 1, 2, 11, 12, 14, 15, 18, 24, 25, 32, 35, 37, 39, 40, 45, 47, 54, 56, 65, 76, 82, 83, 97, 113, 115, 123, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 141, 147, 148, 151, 168, 179, 186, 188, 193, 202, 207, 208, 211, 213, 217, 218, 222, 223, 224, 226, 228

Tração 15, 24, 25, 26, 27, 28, 35, 37, 38, 39, 40, 42, 46, 47, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 58, 63

# Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias 3

[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) 

# Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias 3

[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) 