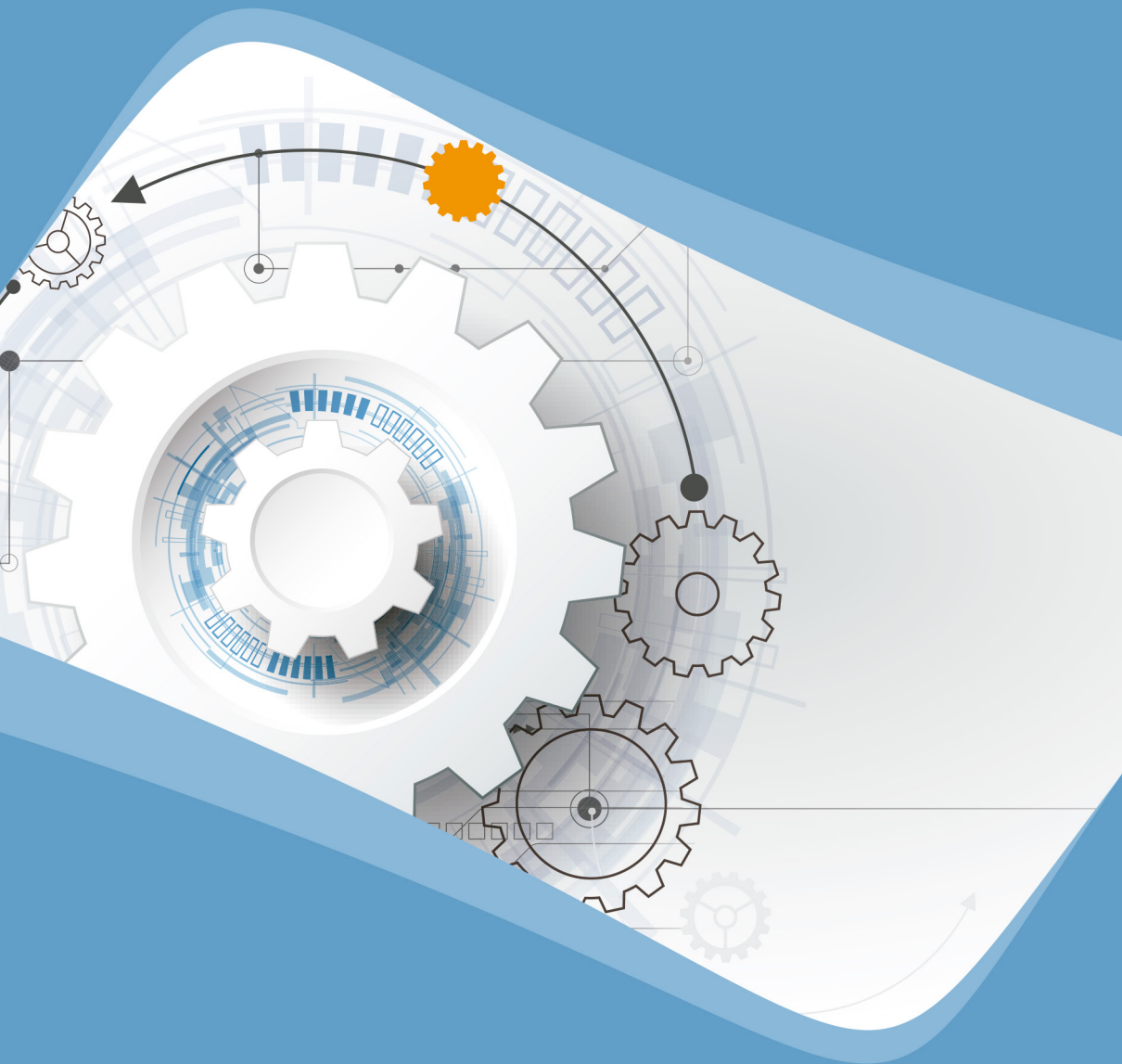


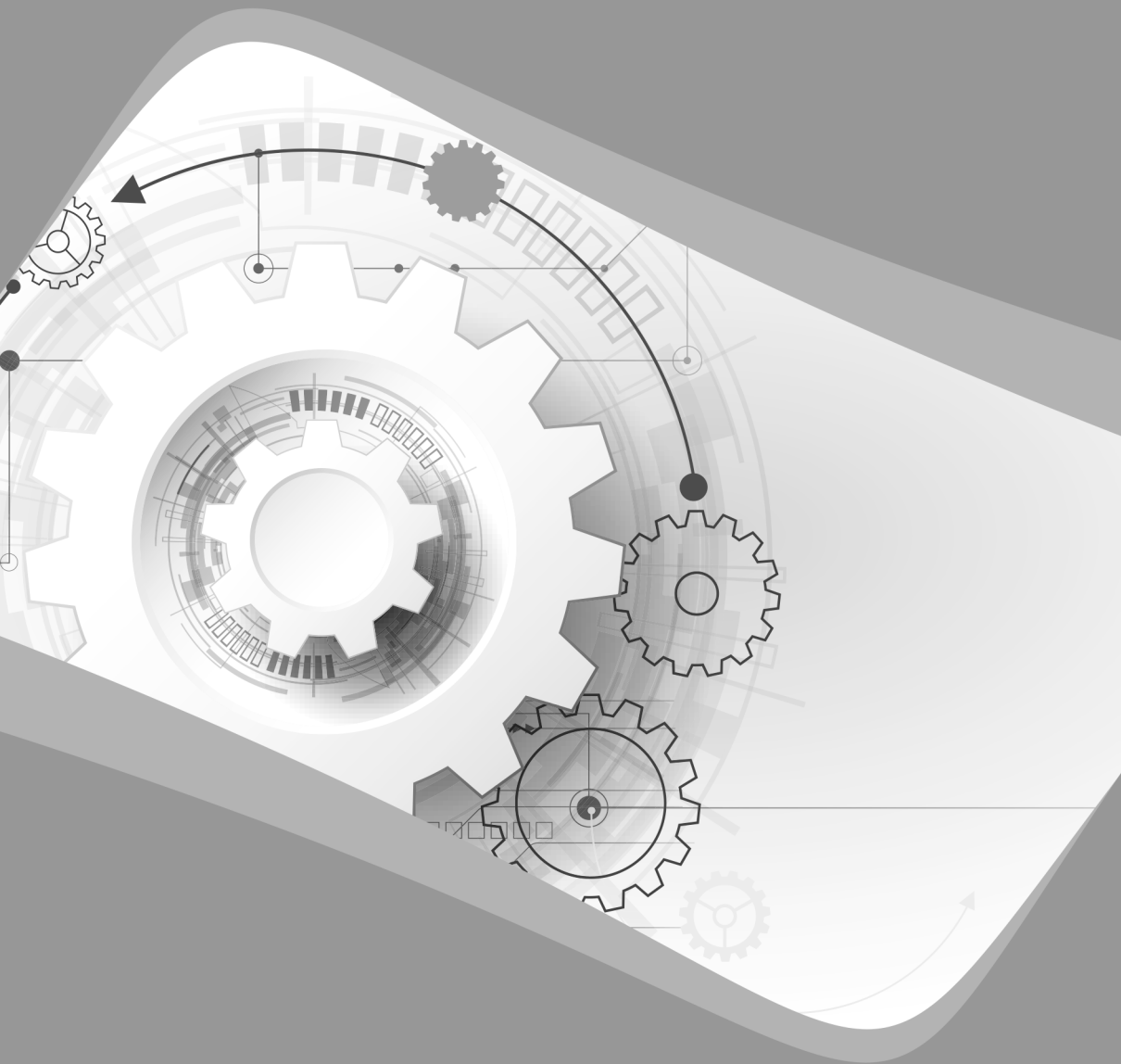
# Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias 3



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>



# CAPÍTULO 3

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

Data de aceite: 01/12/2020

### **Manoel Quirino da Silva Júnior**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –  
UFERSA  
Mossoró – Rio Grande do Norte  
<http://lattes.cnpq.br/0442576277649249>

### **Áleft Verlanger Rocha Gomes**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –  
UFERSA  
Mossoró – Rio Grande do Norte  
<http://lattes.cnpq.br/6746912480900237>

### **Francielle Cristine Pereira Gonçalves**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –  
UFERSA  
Mossoró – Rio Grande do Norte  
<http://lattes.cnpq.br/5554547181776481>

### **Dyana Alves de Oliveira**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –  
UFERSA  
Mossoró – Rio Grande do Norte  
<http://lattes.cnpq.br/1596824210042761>

### **Ricardo Alan da Silva Vieira**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –  
UFERSA  
Mossoró – Rio Grande do Norte  
<http://lattes.cnpq.br/1002913847003255>

### **Brenda Nathália Fernandes Oliveira**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –  
UFERSA  
Mossoró – Rio Grande do Norte  
<http://lattes.cnpq.br/2772853721186171>

### **Juciane Vieira de Assis**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –  
UFERSA  
Mossoró – Rio Grande do Norte  
<http://lattes.cnpq.br/6453039303697433>

### **Mariza Cláudia Pinheiro de Assis**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –  
UFERSA  
Mossoró, Rio Grande do Norte  
<http://lattes.cnpq.br/3427294252115931>

### **Bárbara Jéssica Pinto Costa**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –  
UFERSA  
Mossoró, Rio Grande do Norte  
<http://lattes.cnpq.br/2011653107939973>

### **Diogo Silva de Aguiar Nobre**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –  
UFERSA  
Mossoró, Rio Grande do Norte

**RESUMO:** As ligas com memória de forma são ligas metálicas que possuem a habilidade de retornar a sua forma previamente definidas quando submetidas a um tratamento termomecânico apropriado. A transformação de fase martensítica promove a recuperação da forma das ligas com memória de forma, gerando dois tipos de efeitos, a superelasticidade e o efeito com memória de forma. Estas propriedades despertam interesses tecnológicos e as ligas possuem inúmeras aplicações. Embora uma variedade de ligas exiba o efeito memória de forma, somente aquelas que podem recuperar uma quantidade substancial de deformação possuem interesses comerciais.

Dentre estas, vale destacar as ligas a base de NiTi. Esse tipo de liga vem sendo empregada, com sucesso, no ramo da odontologia, especificamente no uso de aparelhos ortodônticos. Comparadas aos fios de aço inoxidável, que são os mais utilizados atualmente, a utilização dos fios de NiTi, por permitirem ao ortodontista a aplicação de forças suaves e contínuas para a movimentação dentária, apresentam sensível diminuição no tempo de manutenção dos fios e significativa redução ou ausência de dor ao paciente. O presente trabalho comparou o comportamento mecânico de fios ortodôntico NiTi superelástico e de aço inoxidável, mediante ensaio de tração estático e ensaios cíclicos de carga e descarga numa máquina de ensaios universal. Os fios de NiTi apresentam deformação cinco vezes maior que a de aço inoxidável com um quarto da tensão necessária para essa deformação, indicando que os fios NiTi resultam num maior deslocamento para ajuste dentário com diminuição de força necessária para tal ajuste, promovendo menor intensidade de dor ao paciente e diminuição de tempo de tratamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ligas NiTi, Superelasticidade, Fios ortodônticos, Ensaio de tração, Ensaio de carga-descarga.

## EVALUATION OF THE TENSION-DEFORMATION CURVE OF NITI ALLOY ORTHODONTIC WIRES WITH EFM

**ABSTRACT:** The shape with memory alloys are metal alloys that have the ability to return to its previously defined form when subjected to an appropriate thermomechanical treatment. The transformation from martensitic phase promotes recovery of the shape memory alloys, generating two types of effects, the effect of superelasticity and shape memory. These properties awaken technological interests and alloys have numerous applications. Although a variety of alloys display the shape memory effect, only those that can retrieve a substantial amount of deformation have commercial interests. Among these, it is worth highlighting the NiTi alloys base. This type of alloy has been used successfully in the branch of dentistry, specifically in the use of orthodontic appliances. Compared to stainless steel wires, which are used nowadays, the use of NiTi wires, allow the orthodontist to apply smooth and continuous force for the tooth motion, exhibit considerable reduction in maintenance time of the yarn and a significant reduction or no pain to the patient. This study compared the mechanical behavior of NiTi superelastic orthodontic wires and stainless steel by testing static tensile and cyclic tests of loading and unloading in a universal testing machine. NiTi wires have deformation five times greater than that of stainless steel with a quarter of tension required for this deformation, indicating that the NiTi wires results in a larger displacement for dental set with reduction of force required for such adjustment, providing less pain to the patient and decrease treatment time.

**KEYWORDS:** NiTi alloys, superelasticity, orthodontic wires, tension test, load-unload test.

## 1 | INTRODUÇÃO

A maioria dos materiais metálicos quando são submetidos a uma carga e deformados além do seu limite elástico, apresentam uma deformação permanente e não conseguem retomar a sua forma original integralmente. Todavia, existem algumas ligas metálicas que

possuem a capacidade de recuperar completamente suas dimensões, mesmo quando são deformados acima do seu limite elástico. Essa recuperação ocorre através do aquecimento do material ou pela retirada da carga que produziu a deformação.

O efeito memória de forma é caracterizado quando o material recupera totalmente seu formato original quando aquecido a uma temperatura adequada. A superelasticidade é o fenômeno que alguns materiais possuem de recuperarem suas dimensões, meramente com a retirada da carga à qual foram submetidos. Esta é uma propriedade caracterizada por tensões e não pela variação de temperatura, como acontece no efeito memória de forma. As duas propriedades, efeito memória de forma e superelasticidade, estão atrelados à transformação de fase austenita-martensita. (Silva Júnior, 2010)

Dentre as ligas metálicas que apresentam o efeito memória de forma e/ou superelasticidade, destacam-se aquelas do sistema NiTi aproximadamente equiatômico. Esse tipo de liga vem sendo empregada, com sucesso, no ramo da odontologia, especificamente no uso de aparelhos ortodônticos, por permitirem ao ortodontista a aplicação de forças suaves e contínuas para a movimentação dentária (Antunes Souza, 2006). Nessa área, as ligas NiTi vêm substituindo alguns materiais convencionais, como os aços inoxidáveis, por principalmente sustentarem ampla deformação elástica, devido ao seu comportamento singular relacionado à transformação martensítica de sua microestrutura.

As ligas do sistema NiTi e sua aplicação como fios ortodônticos, será o enfoque de estudo no presente trabalho, já que estas são de grande importância para a área, por reduzir eficazmente o tempo para os tratamentos dentários com uso de aparelhos ortodônticos, e por apresentarem comportamento diferenciado da maior parte de outras ligas metálicas (Minervo, 2000).

No presente trabalho, será demonstrado a potencialidade de deformação através do estudo do comportamento de fios de liga NiTi superelástico sob ensaio de tração e sob ensaio de carga-descarga, comparando-o com o comportamento de fios de aço inoxidável.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizados ensaios mecânicos de tração no Laboratório de Ensaios Mecânicos da UFERSA. Para estes ensaios, seguem as especificações dos materiais e métodos utilizados:

- i. Os fios de níquel-titânio utilizados para os experimentos foram comprados comercialmente, sendo utilizados fios da marca Dental Morelli Ltda, do tipo superelástico na forma de arco, com secção transversal de 0,021”(0,53 mm) x 0,025” (0,63mm).
- ii. Os fios de aço inoxidável utilizados para os experimentos foram comprados comercialmente, sendo utilizados fios da marca Dental Morelli Ltda na forma de arco, com secção transversal de 0,021”(0,53 mm) x 0,025” (0,63mm).

A máquina de ensaios utilizada é uma Máquina Universal de Ensaio, modelo: DL10000, eletromecânica, marca EMIC. Os fios em forma de arco foram fixados em suas extremidades nas garras tipo GR-012. A velocidade dos ensaios foi constante de 0,05mm/s, com uma célula de carga de 30kN. Os dados com os resultados foram obtidos através do programa computacional TESC e com o auxílio do Excel foi possível determinar os gráficos

Os ensaios foram realizados primeiramente nos fios de aço inoxidável e, posteriormente, nos de NiTi. Com o objetivo de verificar a capacidade de recuperação de deformações, foram realizados, no mesmo equipamento, ensaios de carga e descarga por tração com o fio NiTi com a aplicação das mesmas condições de tensão e deformação, sob velocidade de deformação de e com o fio de aço inoxidável.

Os dados com os resultados foram obtidos através do programa computacional TESC e com o auxílio do Excel foi possível determinar os gráficos.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os corpos de provas foram ensaiados até a sua fratura, onde os dados com os resultados foram obtidos através do programa computacional TESC. Com o auxílio do Excel foi possível determinar os gráficos que serão mostrados a seguir.

Na Fig.1 está mostrado a curva de tensão versus deslocamento para o fio de aço inoxidável

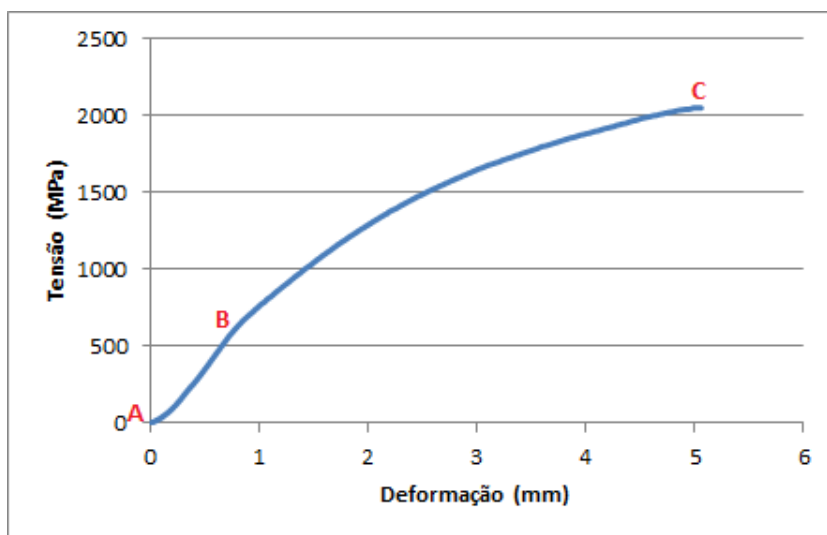


Figura 1 – Diagrama tensão-deformação resultante do ensaio de tração para fio de aço inoxidável

Fonte: Autoria própria (2014).

Como pode ser observado na Fig. 1, o material possui uma região elástica, do ponto A ao ponto B, onde para qualquer aumento de tensão ocorre proporcionalmente um aumento na deformação. Após o ponto B, para qualquer aumento de tensão ocorre a transição gradual do comportamento elástico para um comportamento plástico do material, ocorrendo deformação permanente. A deformação aumenta rapidamente com a elevação da tensão até atingir o ponto C em que ocorre a ruptura do fio.

Para o fio de NiTi, podemos observar um comportamento diferente. Esse comportamento está representado na curva da Fig. 2.

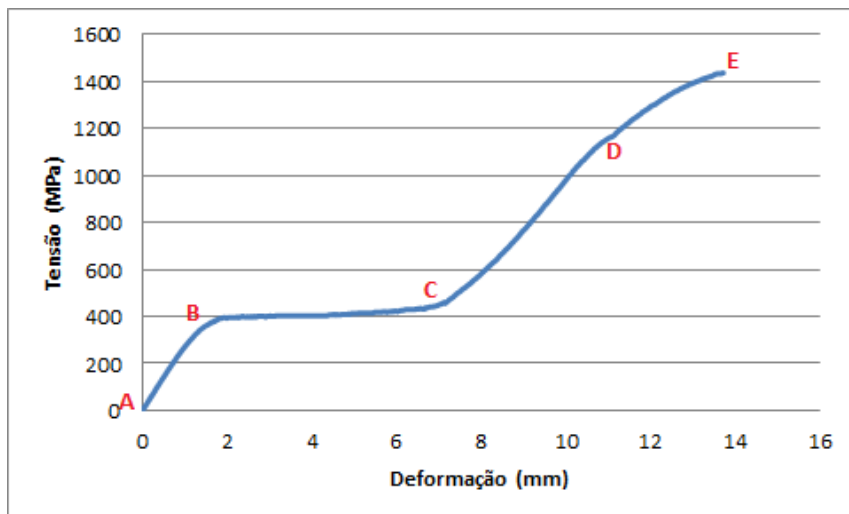


Figura 2 – Diagrama tensão-deformação para fio de NiTi

Fonte: Autoria própria (2014).

O resultado da curva de tensão-deformação do fio NiTi superelástico se comportou similarmente à literatura, como mostra o diagrama acima. Esse comportamento ocorre diferentemente do comportamento apresentado pelo ensaio de tração com o fio de aço inoxidável, devido à transformação da fase austenítica para martensítica pela tensão induzida. Assim que se aplica a tensão no fio, ocorre a deformação elástica da fase austenítica, que corresponde a parte A-B do gráfico. Ao atingir a tensão do ponto B se inicia a transformação da fase martensítica. E esta transformação se completa no ponto C. A diferença de inclinação das curvas de A-B e B-C indica a facilidade com que cada transformação acontece. Ou seja, o prosseguimento da transformação ocorre com facilidade, praticamente sem a necessidade de se aumentar. Após o ponto C, para que a deformação aumente é necessário também um aumento de tensão, ocorrendo deformação elástica da estrutura martensítica até atingir o ponto D. Após esse ponto, a tensão chega

então a um valor suficientemente alto gerando o escorregamento da martensita, deformando plasticamente e causando o decaimento da inclinação da curva até que ocorre a fratura no ponto E. (Antunes Souza, 2006, Quintão, 2001 e 2009)

Comparando os dois fios através dos seus comportamentos nos diagramas apresentados, percebe-se que os fios de aço inoxidável possuem módulo de elasticidade maior que o de NiTi, portanto, as ligas de aço inoxidável são mais rígidas (Martins, 1996). E por estes apresentarem um módulo de elasticidade alto causam forças maiores sobre o dente, podendo ser inadequadas e não suportadas pelo paciente, por causarem dores constantes.

Pode-se perceber também no gráfico que os fios de aço inoxidável possuem baixa resiliência e, portanto, esses fios armazenam pouca energia, implicando na rápida dissipação das altas forças produzidas por estes, sendo necessária a constante manutenção do aparelho ortodôntico utilizado com esse tipo de fio e um longo tempo de cadeira do paciente. (Reis, 2001)

Nota-se também que o fio de NiTi se rompe com deformação aproximada de 13 mm a uma tensão aproximada de 1500MPa, enquanto que o aço inoxidável a uma deformação e tensão, aproximadamente, de 5 mm e 200 MPa. Isto mostra que o fio de aço inoxidável gera grandes forças sobre os dentes, causando aumento da dor no paciente, e comprova a vantagem da utilização do fio de NiTi, visto que este consegue um grande aumento de deformação com níveis de tensões baixos em relação ao fio de aço inoxidável até se romper.

Para verificar a capacidade de recuperação de deformações, foram realizados, no mesmo equipamento, ensaios de carga e descarga por tração com o fio NiTi e com o fio de aço inoxidável, como pode ser visto na Fig. 3.

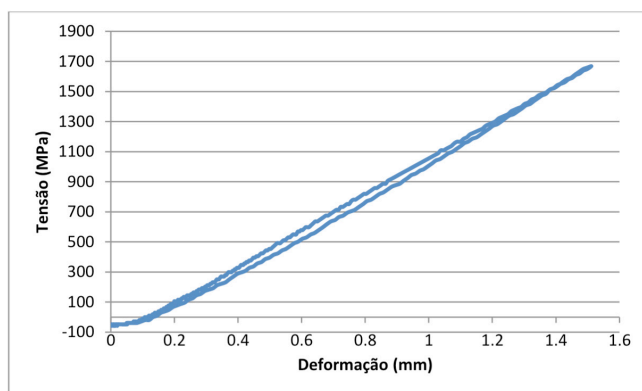


Figura 3 – Curva de carga e descarga para fio de aço inoxidável a uma deformação de 8% da deformação máxima

Fonte: Autoria própria (2014).

Observamos na Fig. 3 que a curva onde a tensão é aplicada, durante a ativação do fio, é semelhante a da curva de descarregamento, na qual o fio é desativado, mostrando o comportamento elástico linear do fio.

Conforme esperando, durante a desativação do fio, onde temos o movimento dentário, a força é dissipada abruptamente de um valor extremamente alto de tensão para um valor baixo, o que gera grandes dores ao paciente, sendo uma desvantagem da utilização desse fio como fio ortodôntico. (Gurgel, Ramos e Kerr, 2001)

Na Fig. 4, temos o gráfico do comportamento do fio de aço inoxidável após ser submetido a dez carregamentos e descarregamentos. Percebe-se que este fio consegue suportar diversas aplicações e retiradas de tensão, porém acaba gerando alguma deformação residual no material, além de conseguir pouca deformação pra uma aplicação de tensão extremamente alta para o paciente suportar.

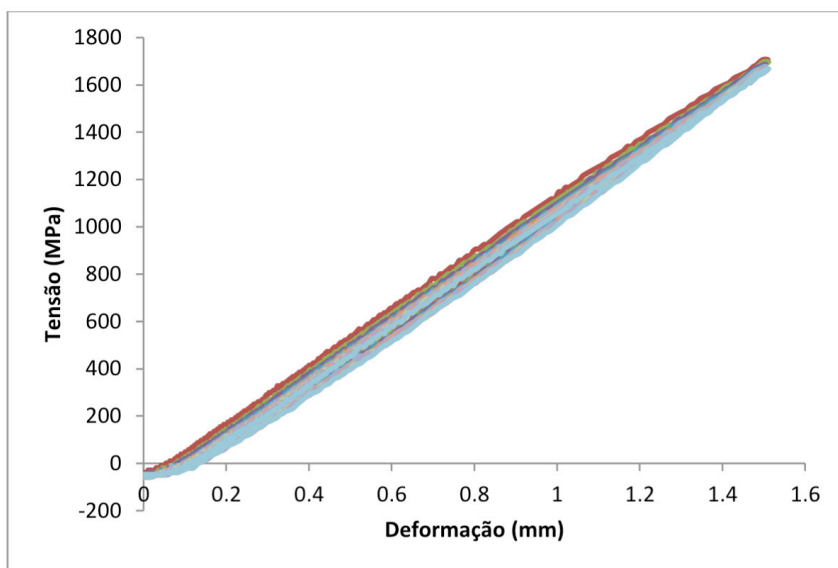


Figura 4 – Curvas de carga e descarga para dez fios de aço inoxidável sob as mesmas condições de tensão e deformação

Fonte: Autoria própria (2014).

Já para os fios de NiTi, podemos observar uma redução de força acrescido de maior deformação, como pode ser visto na Fig. 5.

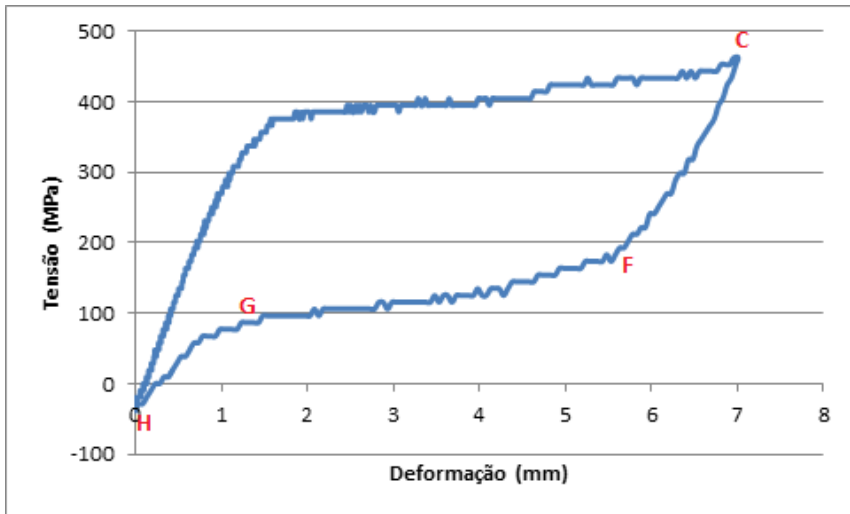


Figura 5 – Curva de carga e descarga para fio de NiTi a uma deformação de 8% da deformação máxima

Fonte: Autoria própria (2014).

O ensaio mostrado na Fig. 5 foi realizado até uma tensão máxima em que não ocorre deformação plástica da martensita. Portanto, o início do comportamento do gráfico é idêntico ao já explanado na figura x. Porém, nesse ensaio, ao se atingir uma tensão no ponto C, esta é liberada e a deformação é então recuperada em diversos estágios. Do ponto C ao ponto F ocorre um descarregamento elástico da martensita. Quando se chega então a tensão do ponto F se inicia a transformação reversa, ou seja, a fração de martensita diminui até que a fase austenítica seja completamente restaurada, no ponto G. Se a tensão diminuir abaixo do ponto G, ocorre o descarregamento elástico da austenita e a deformação causada pelo aumento de tensão é então recuperada no ponto H. (Reis, 2001; Quintão, 2001 e Ducos, 2006)

Para uma análise prévia do comportamento de fadiga dos fios de Niti, foram realizados 10 ciclos de carga-descarga e plotadas as curvas na Fig. 6.



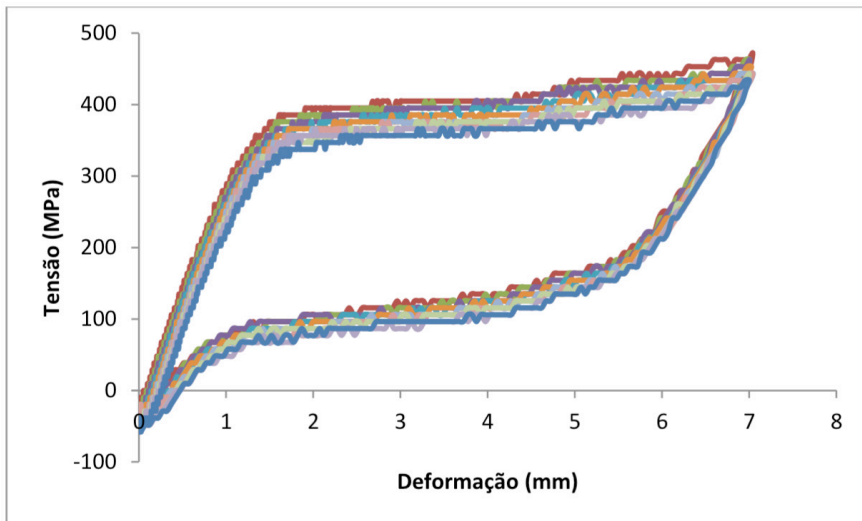


Figura 6 – Curva de carga e descarga para fios de NiTi sob as mesmas condições de tensão e deformação

Fonte: Autoria própria (2014).

Percebe-se que este fio consegue recuperar a sua forma original mesmo após diversas aplicações e retiradas de tensão, o que é extremamente favorável na Ortodontia, visto que o profissional pode fletir e defletir o fio diversas vezes sem ocasionar dano ao material. (Figueiredo, 2206)

Após análise dos gráficos, vimos que na curva tensão x deformação do fio de NiTi, em comparação ao aço inoxidável que apresenta comportamento elástico linear, não possui esse tipo de comportamento, pois a curva onde a tensão é aplicada, durante a ativação do fio, é diferente da curva de descarregamento, na qual o fio é desativado. Na desativação de um fio NiTi, a força é liberada praticamente constante e de maneira suave, diferentemente do fio de aço inoxidável, pois esse tipo de liga apresenta um alto módulo de resiliência e armazenam grande energia enquanto o fio é ativado. Essa característica do fio NiTi implica num menor tempo de cadeira do paciente e menor desconforto, já que as forças são descarregadas suavemente.

## 4 | CONCLUSÕES

A efetividade do movimento ortodôntico depende da ação dos fios ortodônticos e das suas propriedades mecânicas. Os fios de aço inoxidável, por um longo período de tempo, predominaram na Ortodontia, mas com o surgimento de novas ligas metálicas a escolha dos fios ortodônticos disponíveis para serem utilizados no tratamento se tornou

diversificada. Uma dessas ligas denominadas como modernas é a liga NiTi e como foi apresentado, estas possuem duas propriedades fundamentais que promovem a sua potencialidade como fio ortodôntico, o efeito memória de forma e a superelasticidade. Um fio de NiTi superelástico, como foi mostrado, foi comparado com um fio de aço inoxidável, através dos ensaios mecânicos, e o comportamento mostrado comprovou as vantagens que as propriedades do fio de NiTi propiciam, gerando um tratamento mais eficaz, encurtando o tempo de cadeira, bem como do tratamento como um todo, além de durante a ativação e desativação dos fios possuir uma grande deflexão elástica, com a dissipação de forças constantes e leves durante o tratamento por um longo período de tempo. As propriedades particulares desta liga permitem a aplicação nas várias fases do tratamento, substituindo em grande parte o uso dos fios clássicos de aço. Percebeu-se que, após o término do trabalho, que o uso dos fios de NiTi comparado aos de aço inoxidável promove um aumento no custo do tratamento, porém os benefícios desta opção, para o profissional e para o paciente, são cada vez mais claros. Portanto, o uso coerente das ligas NiTi resultam de forma eficiente para aplicação como fio ortodôntico.

## AGRADECIMENTOS

Os devidos agradecimentos a UFERSA.

## REFERÊNCIAS

- ANTUNES SOUZA, A. C. R. **Características Estruturais e Propriedades Mecânicas de Fios Ortodônticos de Níquel-Titânio**. 2006. 158f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- DUCOS, P. C. D., **Transformações de fase em ligas de Níquel – Titânio para ortodontia**. 2006. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais do Instituto Militar de Engenharia) – Instituto Militar de Engenharia do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- FERREIRA, F. V. **Diagnóstico e Planejamento Clínico**. 7. ed. São Paulo: Artes Médicas, 2008. 576 p.
- FIGUEIREDO, A. M. G. **Caracterização da fadiga mecânica de baixo ciclo em ligas superelásticas de NiTi**. 2006. 210f. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- GURGEL, J. A.; Ramos A. L.; Kerr S. D. **Fios Ortodônticos**. Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial, Maringá, v. 6, n. 4, p. 103-114., jul./ago. 2001.
- MARTINS et al. **Utilização de Fios de Memória nas fases de Nivelamento e Fechamento de Espaço na Ortodontia Contemporânea**. Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Maxilar, Maringá, v. 1, n. 2, p. 78-83, nov./dez. 1996.
- MINERVO, B. **Características dos Fios de “Memória de Forma” e Aplicação clínica**. Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial, Maringá, v. 5, n. 4, p. 72-76, jul./ago. 2000.

QUINTÃO, B. **Fios ortodônticos: conhecer para otimizar a aplicação clínica.** Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial, Maringá, v. 14, n. 6, p. 144-157, nov./dez. 2009.

QUINTÃO et al. **Efeitos de memória de forma e de superelasticidade de fios ortodônticos.** Ortodontia Gaúcha, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 112-122, jul./dez., 2001.

REIS, P. W. **Caracterização de Ligas NiTi para Ortodontia.** 2001. 144f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Instituto Militar de Engenharia do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

## 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) 