

# COLEÇÃO **DESAFIOS** DAS **ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA**



**HENRIQUE AJUZ HOLZMANN**

**JOÃO DALLAMUTA**

**(ORGANIZADORES)**

**Atena**  
Editora

Ano 2021



# COLEÇÃO **DESAFIOS** DAS **ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA**



**HENRIQUE AJUZ HOLZMANN**  
**JOÃO DALLAMUTA**  
(ORGANIZADORES)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**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**

iStock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais



Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
 Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
 Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
 Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
 Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília  
 Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
 Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
 Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
 Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
 Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
 Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
 Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
 Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
 Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
 Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
 Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
 Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
 Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
 Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
 Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
 Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
 Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
 Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
 Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
 Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
 Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
 Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
 Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
 Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
 Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro



Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
 Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
 Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
 Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
 Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
 Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
 Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
 Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
 Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
 Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

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

### **Conselho Técnico científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
 Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
 Prof. Dr. Daylson 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  
 Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina  
 Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
 Prof. Me. Alessandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
 Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
 Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
 Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
 Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
 Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
 Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
 Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
 Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
 Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
 Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
 Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
 Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina  
 Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
 Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Brito de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA  
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/UFPB  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos



Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Prof. Me. Marcos Roberto Gregolin – Agência de Desenvolvimento Regional do Extremo Oeste do Paraná  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Sullivan Pereira Dantas – Prefeitura Municipal de Fortaleza  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Universidade Estadual do Ceará  
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

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Giovanna Sandrini de Azevedo  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta

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

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

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-290-3

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.903211207>

1. Engenharia de materiais. 2. Engenharia metalúrgica.  
I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João  
(Organizador). III. Título.

CDD 669

**Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

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



**Ano 2021**



## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

A engenharia de materiais, se tornou um dos grandes pilares da revolução técnica industrial, principalmente quando se diz a indústria 4.0, devido a necessidade de desenvolvimento de novos materiais, que apresentem melhores características e propriedades físico-químicas. Para obtenção desses novos materiais, muitos processos precisaram de alterações e de novos métodos, exigindo um desprendimento de força elevado nesta área. Grandes empresas e centros de pesquisa investem maciçamente em setores de P&D a fim de tornarem seus produtos e suas tecnologias mais competitivas.

Destaca-se que a área de material compreende três grandes grupos, a dos metais, das cerâmicas e dos polímeros, sendo que cada um deles tem sua importância na geração de tecnologia e no desenvolvimento dos produtos. Aliar os conhecimentos pré-existentes com novas tecnologias é um dos grandes desafios da nova engenharia.

Neste livro são explorados trabalhos teóricos e práticos, relacionados as áreas de materiais, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. Apresenta capítulos relacionados ao desenvolvimento de novos materiais, com aplicações nos mais diversos ramos da ciência, bem como assuntos relacionados a melhoria em processos e produtos já existentes, buscando uma melhoria e a redução dos custos.

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.

Boa leitura a todos.

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **EVALUATION OF THERMAL PROPERTIES OF PBAT MATRIX COMPOSITES REINFORCED WITH DIFFERENT JUTE AND COTTON FABRICS**


Jane Maria Faulstich de Paiva  
Cristiane Carla Maciel  
Amanda Alves Domingos Maia  
Anderson Pires Fernandes  
Maria Natália Castanho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9032112071>

### **CAPÍTULO 2..... 10**

#### **EFEITO DE DIFERENTES MISTURAS PP-RECICLADO / PP-VIRGEM EM SUAS PROPRIEDADES MECÂNICAS**


Vladymyr Alves de Figueiredo  
José Costa de Macêdo Neto  
Joaquim Souza de Oliveira  
Ricardo Cruz da Silva  
Adalberto Gomes de Miranda  
Luiz Antônio de Verçosa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9032112072>

### **CAPÍTULO 3..... 18**

#### **DETERMINAÇÃO DA DUREZA E MÓDULO DE ELASTICIDADE POR NANOINDENTAÇÃO BERKOVICH DE VIDRO NIOBOFOSFATO SINTETIZADO COM ESCÓRIA DE ACIARÁ LD**


Camila Ferreira da Silva  
Patrícia Guimarães Monteiro de Freitas  
Ronaldo Gomes de Castro Medeiros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9032112073>

### **CAPÍTULO 4..... 26**

#### **RESÍDUO DE INDÚSTRIA DE FUNDIÇÃO: FONTE PARA DESENVOLVIMENTO DE VIDROS E VITROCERÂMICOS**

Thariany Sanches Leme  
Flavia Landgraf Cuzzati  
Silvio Rainho Teixeira  
Agda Eunice de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9032112074>

### **CAPÍTULO 5..... 41**

#### **CARACTERIZAÇÃO DA CARBURIZAÇÃO EM AÇOS HP POR MICROSCOPIA MAGNETO-ÓTICA KERR**

Cayo Vinicius da Silva Lima  
Thiago Tôrres Matta Neves  
Clara Johanna Pacheco  
Luiz Henrique de Almeida


**CAPÍTULO 6.....53**

**EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE ZINCO NA ELETROGALVANIZAÇÃO DO AÇO CARBONO EM MEIO ÁCIDO CONTENDO SULFATO EMPREGANDO BAIXA DENSIDADE DE CORRENTE**

Gabriel Abelha Carrijo Gonçalves

Tácia Costa Veloso

Vera Rosa Capelossi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9032112076>


**CAPÍTULO 7.....66**

**COMPORTAMENTO EM FADIGA DA LIGA TI-30TA APÓS TRATAMENTO ALCALINO E TÉRMICO - APLICAÇÕES BIOMÉDICAS**

Kerolene Barboza da Silva

Valdir Alves Guimarães

Ana Paula Rosifini Alves Claro


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9032112077>

**CAPÍTULO 8.....81**

**OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE BIOMATERIAIS DE BAIXO CUSTO**

Alessandra Ames

Ricardo Yoshimitsu Miyahara

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9032112078>

**SOBRE OS ORGANIZADORES .....90**

**ÍNDICE REMISSIVO.....91**

# CAPÍTULO 2

## EFEITO DE DIFERENTES MISTURAS PP-RECICLADO / PP-VIRGEM EM SUAS PROPRIEDADES MECÂNICAS

Data de aceite: 01/07/2021

### **Vladmyr Alves de Figueiredo**

Universidade Nilton Lins – UNINILTONLINS  
Manaus – Amazonas  
<http://lattes.cnpq.br/6738067881632506>

### **José Costa de Macêdo Neto**

Universidade do Estado do Amazonas – UEA  
Manaus – Amazonas  
<http://lattes.cnpq.br/7868540287547126>

### **Joaquim Souza de Oliveira**

Universidade do Estado do Amazonas – UEA  
Manaus – Amazonas  
<http://lattes.cnpq.br/4863791377302505>

### **Ricardo Cruz da Silva**

Universidade do Estado do Amazonas – UEA  
Manaus – Amazonas  
<http://lattes.cnpq.br/7572923428113033>

### **Adalberto Gomes de Miranda**

Universidade do Estado do Amazonas – UEA  
Manaus – Amazonas  
<http://lattes.cnpq.br/0031798088948641>

### **Luiz Antônio de Verçosa**

Universidade do Estado do Amazonas – UEA  
Manaus – Amazonas  
<http://lattes.cnpq.br/201311730320791>

**RESUMO:** O polipropileno (PP) é bastante utilizado na indústria de duas rodas em partes como paralamas, aletas e tampas. Durante o seu processamento há a produção de rejeitos os quais podem ser reutilizados (PP-reciclado)

juntamente com o polipropileno virgem (PP-virgem). Ao utilizar quantidades de polipropileno reciclável juntamente PP-virgem pode haver uma perda de propriedades mecânicas. Como esta mistura (PP-reciclado e PP-virgem), será aplicada na indústria de duas rodas, torna-se importante definir as porcentagens de PP-reciclado que garantam o desempenho dos limites de especificações de projeto, evitando assim falhas durante processo de montagem ou uso do produto fabricado. Desta forma, este trabalho teve como objetivo demonstrar a influência das quantidades de 3; 5; 10; 20 e 30% de PP-reciclado em PP-virgem, nas propriedades mecânicas das misturas. Foram realizadas as análises por FTIR, ensaios mecânicos de impacto IZOD, tração e dureza Rockwell. O ensaio de impacto mostrou que a quantidade de 30% PP-reciclado ocasionou uma redução de tenacidade em relação ao PP-virgem. No ensaio de dureza houve uma redução a partir da adição de 3%PP-reciclado em relação ao PP-virgem. Para o ensaio de tração foi observado que a partir de 10%PP-reciclado houve uma redução no limite de resistência e no alongamento da mistura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resistência PP. Reciclagem PP. Propriedades Mecânicas de PP.

### EFFECT OF DIFFERENT MIXTURES PP-RECYCLED / PP-VIRGIN IN THEIR MECHANICAL PROPERTIES

**ABSTRACT:** Polypropylene (PP) is widely used in the industry of two wheels in parts like fenders, fins and covers. During its processing there is the production of tailings which can be reused (PP-recycled) together with virgin polypropylene



(PP-virgin). By using recyclable polypropylene amounts together PP-virgin there may be a loss of mechanical properties. As this blend (PP-recycled and PP-virgin) will be applied in the two-wheeler industry it becomes important to define the percentages of PP-recycled that guarantee the performance of the limits of design specifications, thus avoiding failures during assembly or use process of the product manufactured. In this way, this work had as objective to demonstrate the influence of the quantities of 3; 5; 10; 20 and 30% PP-recycled in PP-virgin, in the mechanical properties of the mixtures. FTIR analysis, IZOD impact tests, Rockwell traction and hardness were performed. The impact test showed that the amount of 30% PP-recycled caused a reduction of tenacity in relation to the virgin PP. In the hardness test there was a reduction from the addition of 3% PP-recycled in relation to the PP-virgin. For the tensile test it was observed that from 10% PP-recycled there was a reduction in the resistance limit and in the elongation of the mixture.

**KEYWORDS:** Resistance PP. Recycling PP. Mechanical Properties of PP.

## 1 | INTRODUÇÃO

A agressão ao meio ambiente causada pelos resíduos originados nos processos, serviços e produtos utilizados na vida moderna têm-se tornado uma preocupação crescente em diversos setores industriais. Os polímeros sintéticos e os naturais modificados, muito utilizados em embalagens diversas, têm sido considerados um dos grandes vilões da poluição ambiental, principalmente quando se refere aos danos causados pelos resíduos urbanos (MUSTAFA, 1993).

Quando se trata de metais, polímeros, borrachas e vários tipos de materiais que as indústrias utilizam em quantidades elevadas, observou-se que a reciclagem de polímeros reutilizados como recursos para a vida útil de peças, tais como exemplo em veículos, tem contribuído para o interesse das indústrias, servindo como informações básicas para outros tipos de aplicabilidades, devido as suas atividades e aplicações que proporcionam proteção ambiental (FERNANDES & DOMINGUES, 2007).

Desta forma, a valorização de polímeros reciclados, como o Polipropileno, através da preparação de materiais com boas propriedades mecânicas e aparência atrativa para utilização na construção civil, mobiliário e artefatos domésticos, contribui para tornar a reciclagem mecânica uma atividade lucrativa. Além disso, o reaproveitamento do lixo plástico possibilita a redução do impacto ambiental causado pela industrialização e pela vida moderna (STRAPASSON, 2004).

O polipropileno é um material termoplástico semicristalino produzido através da polimerização do propileno na presença de um catalisador específico. Este polímero é muito versátil, possuindo aplicações múltiplas em diversos setores industriais, fator este que o torna um dos produtos termoplásticos com maior perspectiva de desenvolvimento no futuro. Possui como principais características: alta resistência química, baixo custo, alta resistência à fratura e flexão, boa resistência ao impacto acima de 150 °C, boa estabilidade

térmica, reciclabilidade e compatibilidade com diversas técnicas de processo (BRYDSON, 1999).

O mecanismo de degradação do polipropileno é causado pela cisão da cadeia principal, que pela redução de seu peso molecular e de sua viscosidade, aumenta o índice de fluidez, entretanto, há perdas nas propriedades mecânicas, que podem ser minimizadas de forma a proteger os polímeros, com o uso de aditivos estabilizantes e por métodos de extrusão (de preferência até duas extrusões para não aumentar a degradação), que pode melhorar as propriedades mecânicas (tipo resistência à tração, alongamento e módulo elástico) e termomecânicas (índice de fluidez) no material reciclado (ALCÂNTARA et al, 1995).

O polipropileno possui como processo de degradação prioritário a cisão de cadeia, que causa a redução de suas propriedades mecânicas e ainda, redução de sua viscosidade, o que dificulta o processamento de PP-reciclado por métodos como injeção, sendo necessária a utilização de cargas no material reciclado para adequação de suas propriedades no processamento. A presença de cargas melhora a estabilidade dimensional e diminui a retração no resfriamento ou na cura, como é o caso do Carbonato de Cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). No caso das chamadas cargas ativas têm-se também uma melhora na resistência à tração (RABELLO, 2000).

O objetivo deste trabalho foi estudar as propriedades mecânicas de impacto, tração e dureza das misturas de PP-virgem e PP-recicladas nas proporções de 3%, 5%, 10%, 20% e 30%.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Os corpos de prova utilizados na caracterização por FTIR (Transformada de *Fourier* no Infravermelho) e nos ensaios de impacto, dureza e tração foram obtidos pelo processo de injeção. Este estudo foi realizado em uma indústria de duas rodas. As normas e equipamentos utilizados são especificados nos parágrafos seguintes.

### 2.1 Preparação das misturas

Foi utilizado o polipropileno virgem (PP-virgem) e o polipropileno reciclado (PP-reciclado). O PP utilizado neste trabalho foi fornecido pela indústria Prime Polymer Co Ltda, Japão, com Índice de Fluidez de 20 g/10min, densidade de 910 kg/m<sup>3</sup>. O PP-reciclado foi obtido partir de peças rejeitadas no processo de injeção de uma indústria de duas rodas. As peças de PP rejeitadas foram trituradas, secas em estufa por 3 horas, misturadas ao PP-virgem em silos e em seguida injetadas.

### 2.2 Confeção dos corpos de prova

Para a produção dos corpos de prova utilizou-se uma injetora hidráulica da marca

Toshiba 500T, modelo HAN 24 E, com temperatura do molde de 45 °C, pressão de injeção de 90 MPa, tempo injeção de 18 segundos de injeção, tempo de resfriamento de 25 segundos, temperatura da resina 205 °C e pressão de recalque de 68 MPa.

### 2.3 Transformada de Fourier no Infravermelho (FTIR)

Utilizou-se um Infravermelho com Transformada de *Fourier*, conforme o Espectrômetro específico (*Perkin Elmer, Spectrum One-FTIR Spectrometer, USA*). Os espectros foram obtidos sob forma de pastilha de KBr na região de 4000 a 450  $\text{cm}^{-1}$ ). Os ensaios foram realizados em triplicata.

### 2.4 Ensaio de Impacto IZOD

O ensaio foi realizado conforme a norma ASTM D 256 (2010 e 11). Utilizou-se um equipamento para ensaio de impacto da marca EMIC. Os ensaios foram realizados em triplicata.

### 2.5 Ensaio de Tração

Realizado conforme ASTM D 638 (2014), em sala com temperatura controlada entre  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa  $50 \pm 5\%$ , e tempo de estabilização destas condições superior a 3 horas. Foi utilizado para o teste, uma máquina universal de ensaios da marca EMIC, Modelo DL 10000kN, célula de carga de 50 kgf e velocidade de 100 mm/min. Os ensaios foram realizados em triplicata.

### 2.6 Ensaio de Dureza Rockwell

Ensaio realizado conforme ASTM D 785 (2015), escala R (HRR), carga de 60 kgf e diâmetro da esfera de 12,7 mm, utilizando Durômetro da marca Instron, modelo B 2000. Os ensaios foram realizados em triplicata.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Análise da Transformada de Fourier no Infravermelho (FTIR)

As Figura 1(a, b, c, d, e) mostram os espectros de FTIR do PP-*virgem* e das misturas com 3, 5, 10, 20 e 30% PP-*reciclado*. Comparando as bandas da Figura 1a PP-*virgem* com as bandas das misturas de PP-*reciclado*, observa-se que houve deformações nas bandas entre 1625 e 750 $\text{cm}^{-1}$  que corresponde aos grupos carbonila ( $\text{C} = \text{O}$ ) gerado na degradação molecular do PP-*reciclado*. Estas mudanças ocorreram devido a cisão das cadeias moleculares do PP-*reciclado* (GRISA & ZENI, 2008). No passo degradação de poliolefinas, grupos funcionais de carbonila ( $\text{C} = \text{O}$ ) são gerados como resíduos (BOMFIMA et al., 2019). Porque a quantidade de tais grupos carbonila aumenta com a degradação oxidativa, assim como o grau de degradação pode ser avaliado por medir estes resíduos (WEE et al., 2018).

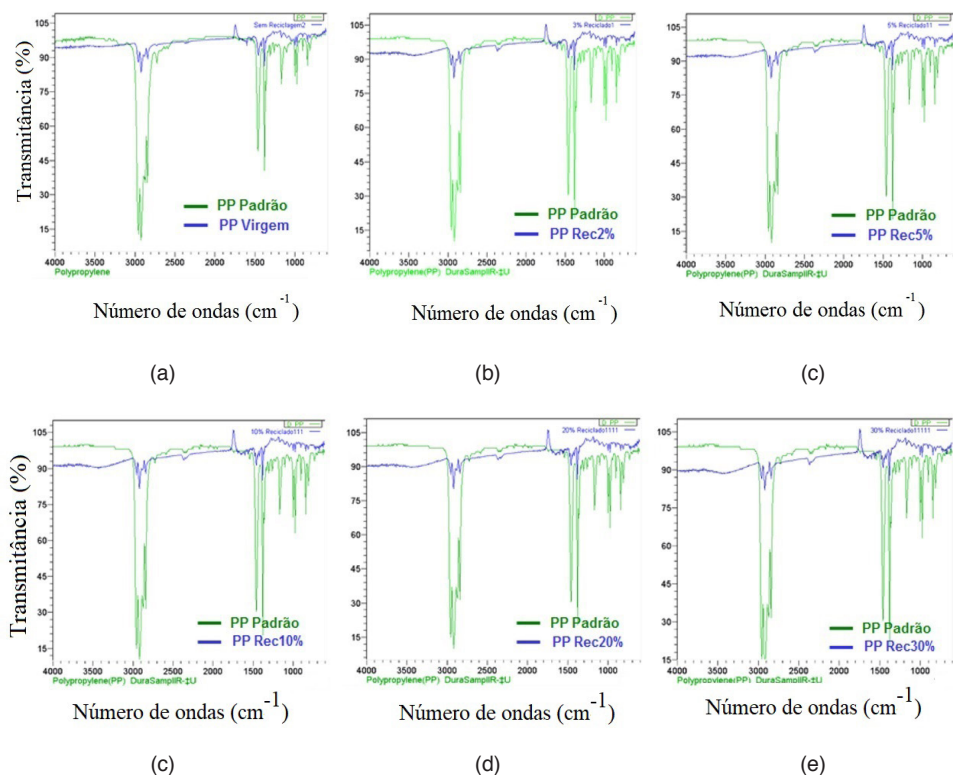


Figura 1. (a) Espectro PP virgem, (b) Espectro PP 2% reciclado, (c) Espectro PP 5% Reciclado, (d) Espectro PP 10% reciclado, (e) Espectro PP20% reciclado e (f) Espectro PP 30% recicla.

Fonte: Autor (2020)

### 3.2 Impacto IZOD e Dureza

A Figura 2(a, b) mostra o comportamento dos valores médios de resistência ao impacto e dureza, respectivamente, observando-se que a partir de 3% até 20% PP-reciclado houve um aumento crescente de resistência ao impacto. Como o PP-reciclado foi utilizado com aditivos como pigmentos inorgânicos, este obteve um efeito de reforço. Todos os resultados de impacto apresentaram acima do valor mínimo especificado (67 J/m). Para o ensaio de dureza (Figura 2b) todos os valores de PP-reciclado foram inferiores ao PP-virgem, em que a partir de 5%PP-reciclado a dureza torna-se constante. O reprocessamento do PP-reciclado provocou uma redução da fase cristalina ocasionou uma redução da dureza. O PP-virgem e o 3%PP-reciclado apresentaram um resultado acima do valor mínimo especificado (79 HRR). Os 5, 10, 20 e 30%PP-reciclado apresentaram valor mínimo (79 HRR).

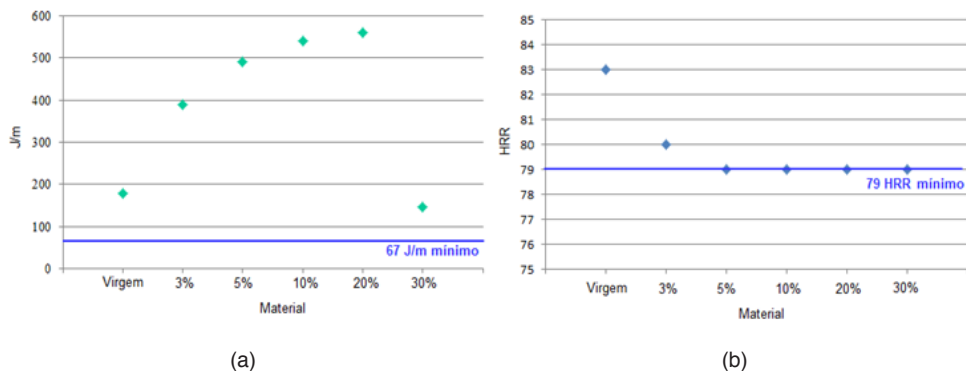


Figura 2. Média das amostras para os ensaios de (a) Impacto; (b) Dureza.

Fonte: Autor (2020)

### 3.3 Ensaio de Tração

A Figura 3(a, b) mostram os resultados do ensaio de tração, o limite de resistência e alongamento. A Figura 3(a) demonstra resultados muito próximos ao limite mínimo especificado, porém abaixo deste limite após adição de 10% de PP reciclado. A Figura 3b demonstra um alongamento médio crescente até a adição de 5% de PP reciclado, registrando uma queda contínua a partir da adição de 10% de PP reciclado. A redução do limite de resistência e alongamento, a partir de 10%PP-reciclado, mostra que a partir desta quantidade podem ter surgido defeitos internos o que fragilizou o material (OLIVEIRA, 2006). O processo degradativo por termo-oxidação do PP-reciclado provocou cisões moleculares o que fragilizou as misturas ocasionando uma redução do alongamento e limite de resistência (WEE et al., 2018).

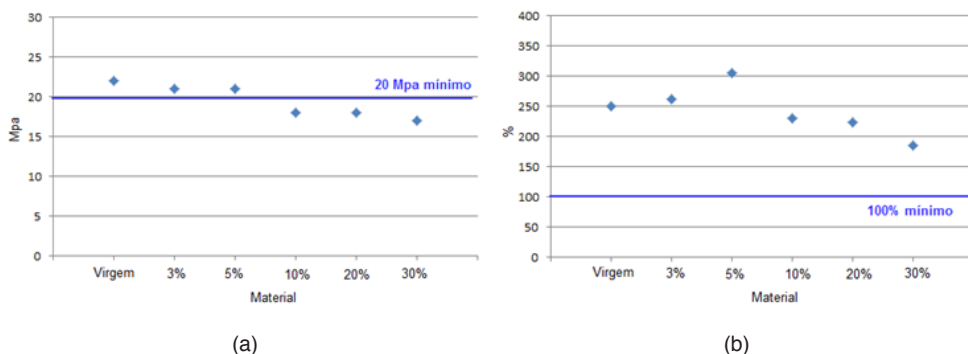


Figura 3. Resultados médios do ensaio de tração (a) Limite de resistência, (b) Alongamento.

Fonte: Autor (2020)

## 4 | CONCLUSÃO

A análise por FTIR mostrou a presença do PP-reciclado nas misturas pela presença de bandas que indicam grupos carbonila.

Os ensaios de impacto e dureza mostraram que o 5, 10, 20%PP-reciclado apresentaram valores acima do PP-virgem. O 30%PP-reciclado apresentou valor de resistência ao impacto abaixo do PP-virgem. Todas as misturas e o PP-virgem obtiveram valores acima ou iguais ao mínimo especificado.

O ensaio de tração mostrou que os 10, 20 e 30% PP-reciclado apresentaram valores de limites de resistências inferiores ao PP-virgem e ao valor mínimo especificado. O valor do alongamento mostrou que os valores de 10, 20 e 30% PP-reciclado apresentaram valores inferiores ao PP-virgem, porém superior ao valor mínimo especificado.

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que a viabilidade de utilizar material PP reciclado sem comprometer os limites mínimos especificados utilizados neste artigo é de no máximo 5% de material PP reciclado, a partir deste limite; a utilização deve ser acompanhada por um extenso estudo das propriedades prioritárias (impacto, dureza, alongamento e tração) para cada tipo de aplicação (projeto).

## REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, R. L., CARVALHO, L. H., RAMOS, S. M. L. S. “**Propriedades mecânicas de resíduos plásticos urbanos da região nordeste. I – Influência das condições de processamento.**” In: Polímeros: Ciência e Tecnologia. v.5, n.3, 1995. 42-47p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 256: Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics.** 2010 e 11.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 638: Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics.** 2014.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 785: Standard Test Method for Rockwell Hardness of Plastics and Electrical Insulating Materials.** 2015.

BOMFIMA, A. S. C.; MACIEL, M. M. Á. D.; VOORWALD, H. J. C.; BENINI, K. C. C. C.; OLIVEIRA, D. M.; CIOFFI, M. O. H. **Effect of different degradation types on properties of plastic waste obtained from espresso coffee capsules.** In: Waste Management. v.83, 2019. 123-130p.

BRYDSON, J. A. **Plastics materials.** In: Library of Congress Cataloguing in Publication Data. 7, 1999.

FERNANDES, B. L.; DOMINGUES, A. J. **Caracterização Mecânica de Polipropileno Reciclado para a Indústria Automotiva.** In: Polímeros: Ciência e Tecnologia. v.17, n.2, 2007. 85-87p.

GRISA, A. M. C.; ZENI, M. **Análise termogravimétrica de polímero commodity polipropileno (PP) em aterro sanitário.** In: Revista Iberoamericana de Polímeros. v.9, 2008.



MUSTAFA, N. **Plastics Waste Management: Disposal, Recycling, and Reuse**. In: Marcel Dekker, Inc., New York, 1993.

OLIVEIRA, A. J. D. **Caracterização Mecânica e Reológica de Polipropileno Reciclado para a Indústria Automotiva**. In: Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba: PUC-PR, 2006.

RABELLO, M. **Aditivação de Polímeros Artiliber**. São Paulo: Editora Ltda, 2000.

STRAPASSON, R. **Valorização do Polipropileno Através de sua Mistura e Reciclagem**. In: Dissertação de Mestrado. Curitiba: UFPA, 2004.

WEE, J.-W.; CHOI, M.-S.; HYUN, H.-C.; HWANG, J.-H.; CHOI, B.-H. **Effect of weathering-induced degradation on the fracture and fatigue characteristics of injection-molded polypropylene/talc composites**. In: International Journal of Fatigue. v.117, 2018. 111-120p.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aço HP 41, 43, 44, 46, 47, 48, 51

### B

Biomateriais 66, 67, 78, 79, 81, 82, 88, 89

### C

Carburização 41, 43, 44, 46, 47, 51

Corrosão 53, 55, 62, 63, 64, 67, 68, 90

### D

Domínios magnéticos 41, 42, 43, 46, 47, 48, 49, 50

### E

Eficiência de corrente 53, 55, 56, 57, 58, 64

Eletrogalvanização 53, 54, 55

Escória 18, 19, 20, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 32, 33, 37, 38, 39, 40

### F

Fadiga 66, 67, 69, 70, 71, 75, 76, 77, 79

### H

Hidroxiapatita 81, 83, 84, 88, 89

### L

Ligas de titânio 66, 68, 72, 73, 74

### M

Microscopia Kerr 41

### N

Nanoindentação 18, 19, 20, 22, 23

### P

PBAT 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

Polímero natural 81, 86

PP 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 52

Propriedades mecânicas 10, 11, 12, 16, 18, 19, 38, 54, 66, 68, 71

### R

Reciclagem 10, 11, 17, 26, 28, 39

Resíduos 11, 13, 16, 26, 28, 29, 39

Resistência 10, 11, 12, 14, 15, 16, 19, 23, 53, 55, 57, 63, 64, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 77, 81, 82, 83, 84, 86, 88

Revestimento metálico 53, 54

## **T**

Tratamento alcalino 66, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 77

## **U**

Ultramicrodureza 18, 21, 23

## **V**

Vidro 18, 20, 21, 23, 24, 26, 30, 31, 32, 33, 34, 35

Vitrocerâmico 26, 29, 32, 34, 35, 36, 37

## **Z**

Zinco 27, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 61, 62, 63, 64, 65

# COLEÇÃO **DESAFIOS** DAS **ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA**



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



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



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



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

**Atena**  
Editora

Ano 2021

# COLEÇÃO **DESAFIOS** DAS **ENGENHARIAS:**

## ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA



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



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



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



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

**Atena**  
Editora

Ano 2021