

# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
(Organizadores)

# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
(Organizadores)

### **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 Cremona

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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

### **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. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
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



## Engenharias: metodologias e práticas de caráter multidisciplinar

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Luiza Alves Batista  
**Correção:** Emely Guarez  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta

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

E57    Engenharia: metodologias e práticas de caráter multidisciplinar / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-5706-560-0  
DOI 10.22533/at.ed.600200511

1. Engenharia. 2. Metodologias e Práticas. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. 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

## 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.

Para isso o mesmo foi dividido em dois volumes, sendo que o volume 1 apresenta temas relacionados a área de engenharia mecânica, química e materiais, dando um viés onde se faz necessária a melhoria continua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril.

Já o volume 2 traz, temas correlacionados a engenharia civil e de minas, apresentando estudos sobre os solos e obtenção de minérios brutos, bem como o estudo de construções civis e suas patologias, estando diretamente ligadas ao impacto ambiental causado e ao reaproveitamento dos resíduos da construção.

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, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA DE DOBRA DE UM VERGALHÃO PARA A MELHORIA DE UM PROCESSO DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA**

Efraim Ribas Linhares Bruno  
Thiago Monteiro Maquiné  
Perla Alves de Oliveira  
Marcia Cristina Gomes de Araújo Lima  
Suelem de Jesus Pessoa

**DOI 10.22533/at.ed.6002005111**

### **CAPÍTULO 2..... 13**

#### **ANÁLISE DO COMPORTAMENTO SUPERFICIAL NA MANUFATURA CNC DE MATERIAL LAMINADO EM PLACAS DE RENSHAPE 440**

Walkiria Kohmoto Nishimurota  
Marco Stipkovic Filho

**DOI 10.22533/at.ed.6002005112**

### **CAPÍTULO 3..... 23**

#### **A INFLUÊNCIA DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL NA ANÁLISE DE DUREZA E MICRODUREZA EM AÇO AO CARBONO FUNDIDO**

Ronan Geraldo Moreira

**DOI 10.22533/at.ed.6002005113**

### **CAPÍTULO 4..... 29**

#### **CONCEITOS BÁSICOS DE MICROUSINAGEM: UMA REVISÃO**

Ainá Winnie Carlos Riomar  
Esther Samila Santana Barbosa  
Lucas Winterfeld Benini

**DOI 10.22533/at.ed.6002005114**

### **CAPÍTULO 5..... 46**

#### **ANÁLISE DE FALHA POR CORROSÃO EM REVESTIMENTO DE PRODUÇÃO DE UM CAMPO MADURO DO ESTADO DE SERGIPE**

André Vieira da Silva  
Wilson Linhares dos Santos  
Cochiran Pereira dos Santos  
Soraia Simões Sandes

**DOI 10.22533/at.ed.6002005115**

### **CAPÍTULO 6..... 59**

#### **MICRODUREZA NO PROCESSO DE SOLDAGEM POR FRICÇÃO LINEAR DA LIGA DE LATÃO BINÁRIO C260**

Lucas Freitas de Medeiros Pimentel  
Monique Valentim da Silva Frees  
Ariane Rebelato Silva dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.6002005116**

**CAPÍTULO 7..... 67**

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ALÍVIO DE TENSÃO EM COMPONENTES DE AÇO AAR M201 GRAU E RECUPERADOS POR SOLDAGEM**

Natanael Pinho da Silva Alves

Ronan Geraldo Moreira

**DOI 10.22533/at.ed.6002005117**

**CAPÍTULO 8..... 79**

**ESTUDO DA GERAÇÃO DE NOVOS MATERIAIS COMPÓSITOS A PARTIR DO GESSO E DO RESÍDUO DE GESSO COM ADITIVOS DESINCORPORADORES DE AR E SUPERPLASTIFICANTES**

Tássila Saionara Gomes Galdino

Pâmela Bento Cipriano

Andréa de Vasconcelos Ferraz

**DOI 10.22533/at.ed.6002005118**

**CAPÍTULO 9..... 93**

**DESENVOLVIMENTO DE PLACAS DE CELERON**

Karla Hikari Akutagawa

Caroline da Silva Neves

Celia Kimie Matsuda

Nabi Assad Filho

**DOI 10.22533/at.ed.6002005119**

**CAPÍTULO 10..... 99**

**PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CATALISADORES METÁLICOS SUPORTADOS EM ALUMINA PARA OBTENÇÃO DE BODIESEL**

Normanda Lino de Freitas

Talita Kênya Oliveira Costa

Joelda Dantas

Elvia Leal

Julyanne Rodrigues de Medeiros Pontes

Pollyana Caetano Ribeiro Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.60020051110**

**CAPÍTULO 11 ..... 113**

**SIMULAÇÃO DE ESPECTROMETRIA DE MASSA DE ÍONS SECUNDÁRIOS**

Gabriel dos Santos Onzi

Igor Alencar Vellame

**DOI 10.22533/at.ed.60020051111**

**CAPÍTULO 12..... 117**

**ANÁLISE DE UM MOTOR 3 CILINDROS SOBREALIMENTADO**

Bruno Barreto Irmão

Alexsander Velasco Cardoso

Gustavo Simão Rodrigues

**DOI 10.22533/at.ed.60020051112**

**CAPÍTULO 13..... 131**

**PROTÓTIPO DE UMA ESTEIRA AUTOMATIZADA PARA ÂMBITO INDUSTRIAL**

Mateus dos Santos Correia  
Déborah da Costa Sousa Carvalho  
Luiz Eduardo Borges de Lima  
Elton Santos Dias Sales

**DOI 10.22533/at.ed.60020051113**

**CAPÍTULO 14..... 134**

**DETERMINAÇÃO DE RITMO CARDÍACO A PARTIR DE SINAIS DE FOTOPLETISMOGRAFIA**

Lucas Fernandes Alves dos Anjos  
Sergio Okida

**DOI 10.22533/at.ed.60020051114**

**CAPÍTULO 15..... 140**

**MODELAGEM E SIMULAÇÃO ELETROMAGNÉTICA DE LTNLG (COAXIAL E DE FITA) PARA GERAÇÃO DE RF UTILIZANDO O CST STUDIO**

André Ferreira Teixeira  
Ana Flávia Guedes Greco  
José Osvaldo Rossi  
Joaquim José Barroso  
Fernanda Sayuri Yamasaki  
Elizete Gonçalves Lopes Rangel

**DOI 10.22533/at.ed.60020051115**

**CAPÍTULO 16..... 150**

**SIMULAÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO NÃO LINEARES GIROMAGNÉTICAS UTILIZANDO MODELAGEM NUMÉRICA UNIDIMENSIONAL**

Ana Flávia Guedes Greco  
André Ferreira Teixeira  
José Osvaldo Rossi  
Joaquim José Barroso

**DOI 10.22533/at.ed.60020051116**

**CAPÍTULO 17..... 160**

**DESENVOLVIMENTO DE OBJETOS EDUCACIONAIS: ATIVIDADE PRÁTICA DE VAZÕES EM ORIFÍCIOS**

Thais Esmério Pimentel  
Henrique da Silva Pizzo

**DOI 10.22533/at.ed.60020051117**

**CAPÍTULO 18..... 172**

**APLICAÇÃO TÉCNICAS E FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO, GESTÃO E CONTROLE, BASEADOS NO CONCEITO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA**

Elaine Garrido Vazquez

Renata Gonçalves Faisca

Joyce Dias da Costa

**DOI 10.22533/at.ed.60020051118**

**CAPÍTULO 19..... 183**

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E VOLUME DE ÁCIDOS NA LIXIVIAÇÃO DE CU E PB PRESENTES EM PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO**

Alexandre Candido Soares

Yara Daniel Ribeiro

Sara Daniel Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.60020051119**

**CAPÍTULO 20..... 189**

**ANÁLISE DA SINTERIZAÇÃO E DENSIFICAÇÃO DE LIGA Nb-Ni-Fe-Si VIA SINTERIZAÇÃO POR PLASMA PULSADO (SPS)**

Yara Daniel Ribeiro

Alexandre Candido Soares

Sara Daniel Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.60020051120**

**CAPÍTULO 21..... 198**

**ESTUDO CINÉTICO DA LIXIVIAÇÃO DE COBRE UTILIZANDO ÁCIDO NITRÍCO**

Alexandre Candido Soares

Yara Daniel Ribeiro

Sara Daniel Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.60020051121**

**SOBRE OS ORGANIZADORES ..... 209**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 210**

# CAPÍTULO 10

## PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CATALISADORES METÁLICOS SUPOSTADOS EM ALUMINA PARA OBTENÇÃO DE BIODIESEL

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 12/08/2020

### **Normanda Lino de Freitas**

Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Programa de Pós- Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPGCEMat),  
Campina Grande – PB  
<http://lattes.cnpq.br/0644427640208395>

### **Talita Kênya Oliveira Costa**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia Química (PPGEQ), Natal – RN  
<https://lattes.cnpq.br/5027398357342150>

### **Joelda Dantas**

Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis (PPGER), João Pessoa – PB  
<http://lattes.cnpq.br/0835933416564294>

### **Elvia Leal**

Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPGCEMat),  
Campina Grande – PB  
<http://lattes.cnpq.br/3139929105219822>

### **Julyanne Rodrigues de Medeiros Pontes**

Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPGCEMat),  
Campina Grande – PB  
<http://lattes.cnpq.br/9130580952795399>

### **Pollyana Caetano Ribeiro Fernandes**

Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis (PPGER), João Pessoa – PB  
<http://lattes.cnpq.br/8579267075943767>

**RESUMO:** No processo de síntese de biodiesel, catalisadores heterogêneos apresentam resultados muito satisfatórios, menor poluição e maior facilidade de separação do catalisador se comparado ao respectivo processo que utiliza os catalisadores homogêneos. O estudo apresentado neste Capítulo foi no sentido de mostrar a influência de catalisadores compostos por uma fase ativa contendo níquel (Ni) e cobalto (Co) suportados em alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), pelo método de impregnação por via úmida, na transesterificação do óleo de soja por rota metílica para obtenção de biodiesel. Após as respectivas impregnações, os materiais foram caracterizados por DRX, distribuição granulométrica, análise textural, EDX e submetidos a testes catalíticos de bancada. Os resultados apresentaram a presença da fase cristalina estável  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , e após a impregnação por via úmida, observou-se a formação das fases secundárias de NiO e  $\text{NiAl}_2\text{O}_4$  para a alumina impregnada com Ni, e  $\text{Co}_3\text{O}_4$  e  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$  para a alumina impregnada com Co. Houve uma diminuição dos aglomerados com a incorporação dos metais. A cromatografia apresentou conversões eficientes para a alumina com metais impregnados e que o aumento do tempo reacional estudado não interferiu.

**PALAVRAS-CHAVE:** Alumina, Impregnação de metal, Catálise heterogênea, Transesterificação, Biodiesel.

## PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF METAL CATALYSTS SUPPORTED ON ALUMINA TO OBTAIN BIODIESEL

**ABSTRACT:** In the process of biodiesel synthesis, heterogeneous catalysts present very satisfactory results, less pollution and easier separation of the catalyst when compared to the respective process that uses homogeneous catalysts. The study presented in this Chapter was to show the influence of catalysts composed of an active phase containing nickel (Ni) and cobalt (Co) supported on alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), by the wet impregnation method, in the transesterification of soybean oil by methyl route to obtain biodiesel. After the respective impregnations, the materials were characterized by XRD, particle size distribution, textural analysis, XRF and catalytic test bench. The results showed the presence of the stable crystalline phase  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , and after wet method impregnation, the formation of secondary phases of NiO and  $\text{NiAl}_2\text{O}_4$  was observed for alumina impregnated with Ni, and  $\text{Co}_3\text{O}_4$  and  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$  for alumina impregnated with Co. There was a decrease in agglomerates with the addition of metals. Chromatography showed efficient conversions for the alumina with impregnated metals, and that the studied reaction time increase did not interfere.

**KEYWORDS:** Alumina, Metal impregnation, Heterogeneous catalysis, Transesterification, Biodiesel.

### 1 | INTRODUÇÃO

Vivemos em um mundo no qual a questão energética ganha atenção e importância crescente. O amplo consumo de combustíveis fósseis, sobretudo o petróleo, caminha para um impasse tanto econômico quanto político, pois suas reservas estão se esgotando, bem como ambiental, uma vez que seu uso reflete no aquecimento global (Mezalira, 2011; Ogunkunle e Ahmed, 2019).

A maioria dos especialistas, além das próprias empresas petrolíferas estão convencidos de que, mantidos os atuais padrões de consumo, as reservas disponíveis de petróleo não suprirão a demanda em médio prazo (Mezalira, 2011). A realidade é que hoje só se descobre um barril de petróleo novo para cada quatro que são extraídos e consumidos (Correia, 2007).

O outro impasse para o amplo consumo de combustíveis fósseis derivados do petróleo é o impacto na qualidade ambiental. A poluição do ar, as mudanças climáticas, os derramamentos de óleo e a geração de resíduos tóxicos são resultados do uso e da produção desses combustíveis (Ogunkunle e Ahmed, 2019).

Assim como o álcool, o biodiesel vem sendo bastante estudado devido a sua enorme contribuição ambiental, com a redução qualitativa e quantitativa dos níveis de poluição ao ambiente. O biodiesel pode ser feito a partir de qualquer óleo vegetal, a exemplo dos óleos de soja, pinhão, palma, girassol, milho, amendoim, colza e caroço de algodão. Além de óleos vegetais, podem ser utilizadas também outras fontes como gordura animal, resíduos de óleo de frituras, graxas e algas. Devido a isso, o biodiesel, considerado um combustível renovável, passou também a ser conhecido como diesel verde. Os principais



processos usados para converter óleos vegetais são: diluição, pirólise, microemulsificação, esterificação e transesterificação. Dos vários métodos disponíveis para produção do biodiesel, a transesterificação de óleos e gorduras é o método mais comum (Ranganathan et al., 2008; Dantas et al., 2019; Karthikeyan et al., 2020).

Com base nessas considerações, o foco desse trabalho foi investigar o comportamento de diferentes catalisadores heterogêneos, preparados pelo método de impregnação úmida por reação de transesterificação para produção de biodiesel. A escolha do catalisador de níquel e cobalto suportado em alumina ( $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ) como principal material de estudo, foi devido a sua ampla utilização industrial.

## 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Biodiesel

No fim do século XIX, Rudolph Diesel, inventor do motor diesel, utilizou em seus ensaios petróleo cru e óleo de amendoim. Ele acreditava que esse motor poderia ser alimentado com óleos ou gorduras e contribuir para o desenvolvimento da agricultura nos países que os utilizassem. No entanto, devido ao baixo custo e à alta disponibilidade do petróleo na época, este passou a ser o combustível preferencial nesses motores (Suarez e Meneghetti, 2007).

Entretanto, no século XXI diante da possível escassez de fontes fósseis de energia, do aumento do preço do petróleo e dos problemas ambientais ocasionados pela emissão de gases poluentes observou-se uma busca por novas fontes energéticas menos poluentes e renováveis, os biocombustíveis (Hoang et al., 2021).

O biodiesel é um combustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição compressão ou, conforme regulamentado, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil (Brasil, 2005). A inserção do biodiesel na matriz energética brasileira ocorreu em 2005 através da lei 11.097, que autorizou a mistura de 2% de biodiesel ao óleo vegetal (B2), que passou a ser obrigatória no ano de 2008. Em 2020 a mistura chegou a 12% de biodiesel no diesel (B12).

O biodiesel é geralmente produzido a partir de metanol e óleos vegetais, como o de soja, utilizando ácidos ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) ou bases ( $\text{NaOH}$ ) como catalisadores (Leal *et al.*, 2019). Os catalisadores básicos, devido à formação de sabões, são associados à presença de emulsões no final da reação, tornando difíceis as etapas de purificação do biodiesel formado. Essa dificuldade é eliminada com o uso dos catalisadores ácidos que evitam a formação de sabões. No entanto tais sistemas catalíticos são relacionados à corrosão e apresentam atividades catalíticas muito inferiores àquelas verificadas nos sistemas básicos. Assim, um dos desafios tecnológicos para o desenvolvimento da indústria de biodiesel é a procura por

sistemas catalíticos alternativos que evitem a formação de emulsões e apresentem alta atividade (Barbosa, 2009; Gupta et al., 2020).

Embora catalisadores homogêneos apresentem maior desempenho na transesterificação e esterificação para a obtenção de biodiesel. Os problemas associados com os catalisadores homogêneos estão no elevado consumo de energia, formação de subprodutos indesejados como sabão pela reação de ácidos graxos livres, alto custo no processo de separação do catalisador homogêneo da mistura reacional e grande quantidade de geração de efluentes durante a separação e limpeza do catalisador e os produtos. Tais problemas são minimizados com o uso de catalisadores sólidos, que facilitam a separação dos produtos, e em muitos casos, podem ser regenerados e reutilizados, sendo assim, o emprego de catalisadores sólidos com intuito de aprimoramento do processo de produção de biodiesel é considerado a alternativa mais promissora, e por isso, tem sido amplamente estudada, o que representa importante impacto nos custos de produção (Dantas et al., 2017).

## 2.2 Efeito do metal

A primeira etapa no desenvolvimento de um catalisador corresponde à escolha da fase ativa a ser empregada. Catalisadores metálicos são comumente utilizados em reações envolvendo hidrogênio e hidrocarbonetos, sendo o metal o principal componente do catalisador responsável pela ocorrência da reação química. Tal deve-se ao fato deste tipo de substâncias adsorverem facilmente em superfícies metálicas (Jeon et al., 2019).

Os metais do grupo VIII são os mais comumente empregados, devido à capacidade que possuem de quebra das ligações interatômicas na molécula do álcool. Além disso, a utilização de catalisadores a base de metais não nobres, como Ni e Co, se torna atraente em função da disponibilidade e custo acessível desses metais. O níquel é essencialmente um catalisador de metanação, enquanto que, cobalto produz principalmente hidrocarbonetos de cadeia linear (Vasić et al., 2020).

## 2.3 Efeito do suporte

Catalisadores têm como principal função a manutenção da área específica do componente ativo, enquanto o suporte desempenha papel de suma importância ao assegurar maior estabilidade térmica, manter os cristais do material distantes um dos outros, ajudando assim na remoção do coque. A escolha do suporte deve levar em conta a possível atividade catalítica do suporte, área superficial, porosidade, estrutura, modificação eletrônica e interação metal-suporte. O suporte precisa ainda apresentar uma morfologia que facilite o contato entre os reagentes e a fase ativa, bem como uma fácil remoção dos produtos formados (Freitas et al., 2019; Simões et al., 2020; Dantas et al., 2019).

Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) constitui um material de extrema importância à inúmeras reações catalíticas, podendo atuar como catalisador ou como suporte catalítico para outros metais.

Ela é muito utilizada na catálise, pois possui alta área superficial, preferindo boa dispersão do metal impregnado, além de ser um suporte relativamente barato e estável a temperaturas elevadas. É um suporte amorfo e apresentando-se sob diferentes graus de hidratação, as aluminas podem ser obtidas com diferentes propriedades morfológicas e texturais. Os materiais mais utilizados na catálise são a  $\alpha$  e  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Kurahde e Dalai, 2018; Freitas et al., 2019; Simões et al., 2020; Yu et al., 2020).

## 3 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Obtenção da Alumina

A alumina foi sintetizada por meio da reação de combustão, tendo como reagentes o nitrato de alumínio nonahidratado ( $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ) e a ureia ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ), de acordo com a metodologia adotada por Freitas et al. (2006), Silva et al. (2015) e Arimatéia et al. (2019).

### 3.2 Obtenção das aluminas impregnadas

O processo de impregnação confere um maior poder catalítico aos catalisadores heterogêneos. Este fato é evidenciado quando observamos os elevados resultados de conversão obtidos nos sistemas catalíticos impregnados utilizados no processo de transesterificação (Boz et al., 2009).

O processo de impregnação utilizado foi por dispersão física via úmida (Xie et al., 2006) no preparo dos catalisadores  $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$ . Para tanto a fonte precursora será o nitrato de níquel hexa-hidratado e o nitrato de cobalto hexa-hidratado. O Ni e o Co foram introduzidos na alumina na concentração de 30%. Posteriormente os catalisadores foram calcinados a  $500^\circ\text{C}$  por 5 horas sob ar atmosférico, seguindo a sequência de aquecimento de  $100^\circ\text{C}/0,5\text{h}$ ;  $200^\circ\text{C}/1\text{h}$ ;  $350^\circ\text{C}/3\text{h}$  e  $500^\circ\text{C}/5\text{h}$  (Silva, 2011). Na Figura 1 encontra-se o fluxograma do método de impregnação úmida.

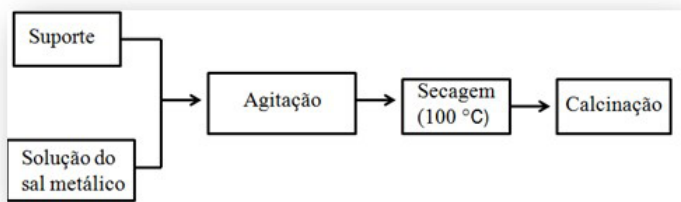


Figura 1 - Fluxograma do método de impregnação úmida.

### 3.3 Caracterização da alumina sintetizada e impregnada

#### 3.3.1 Difração de raios X (DRX)

A determinação das fases presentes, cristalinidade, parâmetro de rede e o tamanho de cristalito dos pós preparados por reação de combustão foram determinados a partir dos dados de difração utilizando um difratômetro de raio X Shimadzu (modelo XRD 6000, radiação CuK $\alpha$ ). A cristalinidade foi determinada a partir da razão entre a área integrada do pico referente à fase cristalina e a área referente à fração amorfa. O tamanho médio de cristalito foi calculado a partir da linha de alargamento de raios X (d311) por meio da deconvolução da linha de difração secundária do silício policristalino (utilizado como padrão) utilizando-se a equação de Scherrer.

#### 3.3.2 Distribuição granulométrica

A distribuição granulométrica exerce papel fundamental no processamento e nas propriedades dos diversos tipos de produtos cerâmicos. As amostras foram caracterizadas em um equipamento da marca Malvern modelo Mastersize 2000.

#### 3.3.3 Análise textural - Adsorção de nitrogênio

A determinação da área superficial das amostras foi realizada pelo método de adsorção de nitrogênio/hélio desenvolvido por Brunauer, Emmett e Teller (BET). Foi utilizado um equipamento modelo Nova 3200e, marca Quantachrome. Esta técnica também foi usada para determinar o tamanho médio de aglomerados de partículas (diâmetro esférico equivalente) por meio da Equação 1 (REED, 1996):

$$D_{\text{BET}} = \frac{6}{S_{\text{BET}} \cdot \rho} \quad (1)$$

Onde:

$D_{\text{BET}}$  = diâmetro esférico equivalente (nm)

$\rho$  = densidade verdadeira (g/cm<sup>3</sup>)

$S_{\text{BET}}$  = área superficial (m<sup>2</sup>/g).

O volume de poro e o diâmetro de poro foram determinados pela teoria desenvolvida por Brunauer, Joyner e Halenda (BJH).

#### 3.3.4 Análise química por fluorescência de raios x por energia dispersiva (EDX)

O espectrômetro de fluorescência de raios X é um instrumento que determina semi-quantitativamente os elementos presentes em uma determinada amostra. As amostras foram caracterizadas por espectroscopia de fluorescência de raios X por energia dispersiva, modelo EDX-720, da marca Shimadzu.

## 3.4 Testes catalíticos de bancada

### 3.4.1 Testes catalíticos

Os catalisadores foram testados nas reações de transesterificação metílica do óleo de soja refinado. Foi conduzida em reator de aço inox, o qual encamisa um copo de borosilicato de volume útil de 80 mL, pressurizado, com agitação constante de 1000 rpm a temperatura de 160°C, durante os tempos reacionais de 1h e 4h. Nestas reações típicas foram utilizadas as razões molares de óleo de soja/metanol 1:20 e 3% de catalisador.

### 3.4.2 Caracterização dos produtos reacionais

Os produtos resultantes da reação de transesterificação foram analisados quanto ao percentual de conversão em ésteres metílicos. Estas análises foram conduzidas em cromatográfico a gás Varian 450c com detector de ionização de chamas, coluna capilar de fase estacionária Varian Ultimetal "Select Biodiesel Glycerides + RG" (15m x 0,32mm x 0,45µm).

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Difração de raios X

Na Figura 2 encontram-se os difratogramas de raios X dos catalisadores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$ .

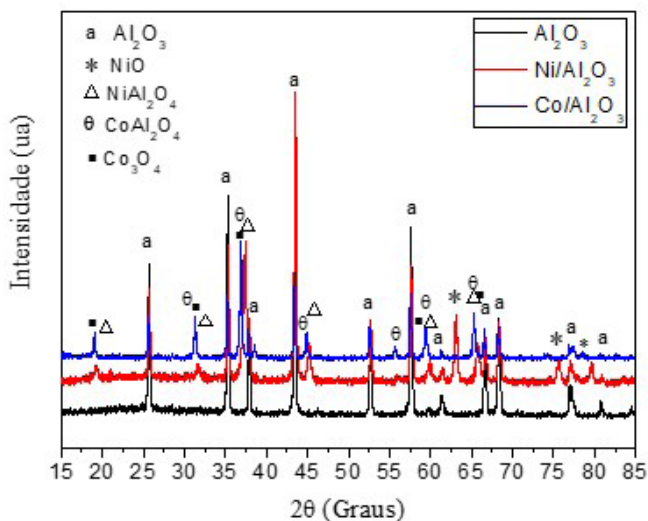


Figura 2 – Difratogramas de raios X dos catalisadores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Observa-se a presença da fase cristalina estável  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (ficha padrão JCPDS 89–7717). Nas amostras impregnadas com Ni, se utilizou, o nitrato de níquel, assim, ocorreu o coaparecimento de duas novas fases interpretada como sendo NiO (óxido de níquel) (ficha padrão JCPDS 47-1049) e  $\text{NiAl}_2\text{O}_4$  (aluminato de níquel) (ficha padrão JCPDS 10-0339). Hu et al. (2014) ao estudarem a impregnação de Ni em  $\text{Al}_2\text{O}_3$  por via úmida, reportaram a presença dessas mesmas fases relacionadas.

No processo de impregnação utilizando o nitrato de cobalto observa-se uma diminuição da intensidade dos picos quando comparados aos difratogramas dos catalisadores  $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ , isso é justificado devido a alteração da estrutura da alumina. Quando se utilizou o nitrato de cobalto ( $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ) também coapareceu duas novas fases interpretada como sendo  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$  (aluminato de cobalto) (ficha padrão JCPDS 44-0160) e o  $\text{Co}_3\text{O}_4$  (ficha padrão JCPDS 42-1467). Resultado similar foi reportado por Cheng et al. (2010) quando estudaram o uso do catalisador  $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$  para a produção de gás de síntese.

## 4.2 Distribuição granulométrica

Na Figura 3 estão apresentados os resultados dos diâmetros esféricos equivalentes em função do volume para os catalisadores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$ .

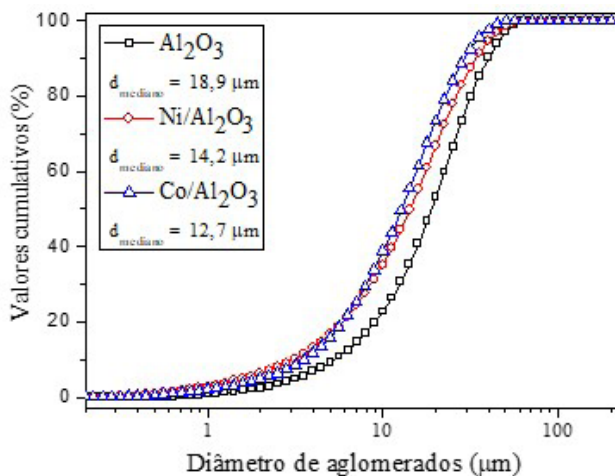


Figura 3 – Distribuição granulométrica dos catalisadores  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Quando comparados o tamanho mediano dos aglomerados dos catalisadores impregnados com o suporte  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , observa-se uma diminuição de 24,86% no diâmetro mediano do aglomerado do catalisador de Ni suportado em alumina ( $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e de 32,80% no diâmetro mediano do aglomerado do catalisador de Co suportado em alumina ( $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ) em relação ao da alumina pura ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Resultado similar foi reportado por Freitas et al. (2019) na síntese de catalisadores de níquel suportado em alumina por via úmida.

Pode-se inferir então, que a aplicação desses materiais como catalisadores nas reações químicas de produção de biocombustível, sinaliza promissora viabilidade, isto devido as características de nanoestruturas, que favorecem boa atividade catalítica.

### 4.3 Análise textural – Adsorção de nitrogênio

Na Figura 4 encontram-se apresentadas as isotermas de adsorção/dessorção de  $N_2$  como resultado da caracterização textural das amostras pura ( $Al_2O_3$ ) e impregnadas  $Ni/Al_2O_3$  e  $Co/Al_2O_3$ .

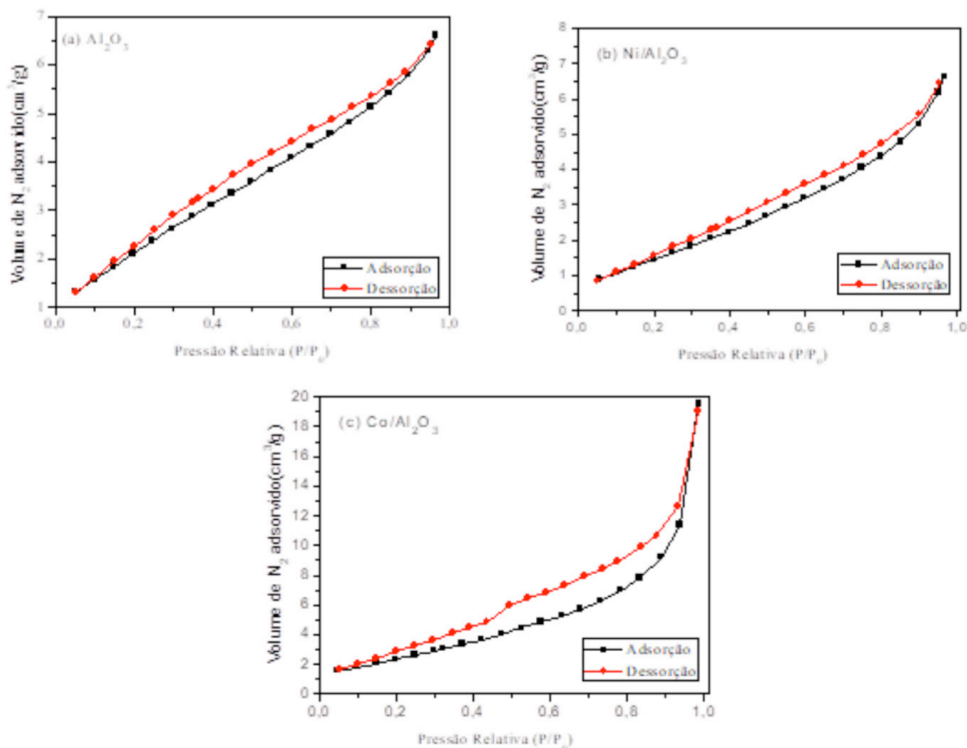


Figura 4 – Isotermas de adsorção/dessorção de nitrogênio (a)  $Al_2O_3$  (b)  $Ni/Al_2O_3$  e (c)  $Co/Al_2O_3$ .

As análises das isotermas para as amostras estudadas sugerem que tais amostras são do tipo V, de acordo com a nova classificação proposta por Aranovich e Donohue (1998). Este tipo de histerese apresenta mesoporos que com tamanho na faixa de 2 a 50 nm, os quais possuem boa uniformidade quanto a sua distribuição granulométrica. Os catalisadores estudados apresentam histereses do tipo H3 onde os poros apresentam formatos de cunhas, cones e/ou placas paralelas. Na Tabela 1 estão apresentados os valores de área superficial específica ( $S_{BET}$ ), tamanho de partícula ( $D_{BET}$ ), volume de poro ( $V_p$ ) e diâmetro de poro ( $D_p$ ) das amostras de  $Al_2O_3$  pura e impregnadas ( $Ni/Al_2O_3$  e com  $Co/Al_2O_3$ ).

Amostras	S <sub>BET</sub> (m <sup>2</sup> /g)	*D <sub>BET</sub> (nm)	V <sub>p</sub> (cm <sup>3</sup> /g)	D <sub>p</sub> (nm)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,69	173,38	0,007	3,10
Ni/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,56	270,94	0,016	3,44
Co/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,46	159,36	0,028	3,73

\*D<sub>BET</sub> calculados a partir dos dados da área superficial; Densidade teórica = 3,98 g/cm<sup>3</sup> (Lide, 1995).

Tabela 1 – Valores de área superficial específica (S<sub>BET</sub>), tamanho de partícula (D<sub>BET</sub>), volume de poro (V<sub>p</sub>) e diâmetro de poro (D<sub>p</sub>) das amostras de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pura e impregnadas (Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e com Co/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Esses valores evidenciam que a maior área superficial específica foi obtida pela amostra impregnada com Co, que apresentou aumento de 8,8% em relação a amostra não impregnada (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

#### 4.4 Espectroscopia por energia dispersiva de raios X (EDX)

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da composição química para a alumina e os catalisadores impregnados.

Amostras	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	NiO	Impurezas (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	99,6	-	-	0,4
Ni/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	65,5	-	34,1	0,4
Co/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	62,7	36,5	-	0,8

Tabela 2 – Composição química do suporte e dos catalisadores.

Analisando os dados, verificou-se uma redução na composição da Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, que inicialmente era 99,6% pura, à medida que o metal foi introduzido, observou-se ainda que a Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> está presente em maior quantidade, o que já era esperado por ser os suportes que originam os catalisadores metálicos Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Co/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Em função da análise química, confirma-se a eficácia da reação de combustão para obtenção desses catalisadores dentro da estequiometria estabelecida.

#### 4.5 Caracterização dos biodieseis produzidos

##### 4.5.1 Cromatografia gasosa

Na Figura 5 estão apresentados os resultados obtidos pela análise cromatográfica das amostras de biodieseis produzidos, ou seja, a porcentagem de éster de cada amostra, com tempo de reação de 1 hora e 4 horas.



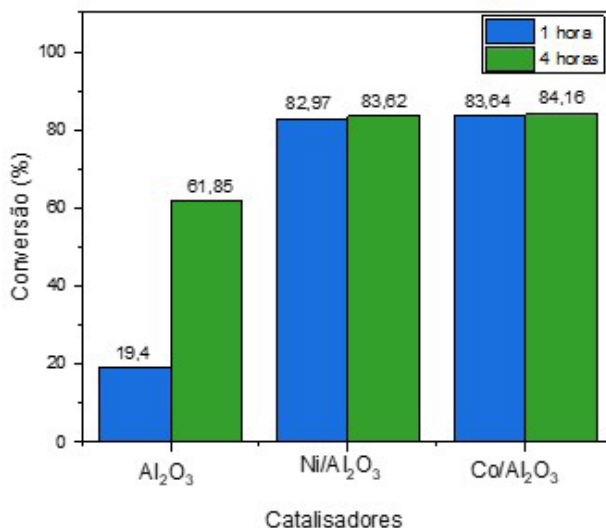


Figura 5 – Taxa de conversão do biodiesel obtidos em 1 e 4 horas de reação com os catalisadores  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Observa-se que houve um aumento da taxa de conversão após a impregnação dos metais Ni e Co com relação a  $\text{Al}_2\text{O}_3$  pura. Nota-se também que o aumento do tempo reacional dos catalisadores impregnados não alterou nas taxas de conversão, pois não ocorreram variações consideradas.

Sendo assim, pode-se observar que suportar a  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nos metais Ni e Co é uma alternativa promissora para melhorar a atividade catalítica da alumina e aumentar o rendimento em éster das reações de transesterificação. O mesmo foi observado por Freitas et al. (2019) e Barbosa, Dantas e Freitas (2019).

## 5 | CONCLUSÃO

Os resultados apresentaram a presença da fase cristalina estável  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e após a impregnação por via úmida utilizando os dois metais formaram a segunda fase de  $\text{NiO}$  e  $\text{NiAl}_2\text{O}_4$  para o Ni e  $\text{Co}_3\text{O}_4$  e  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$  para o Co. Houve uma diminuição dos aglomerados com a incorporação dos metais. A cromatografia apresentou conversões eficientes para os metais impregnados e que o aumento do tempo reacional estudado não interferiu.

## REFERÊNCIAS

ARANOVIIH, G.; DONOHUE, M. **Analysis of Adsorption Isotherms: Lattice Theory Predictions, Classification of Isotherms for gas-solid equilibria and Similarities in gas and liquid adsorption behavior.** Journal of Colloid and Interface Science, v. 200, p. 273-290, 1998.

ARIMATÉIA, R. R.; HANKEN, R. B. L.; OLIVEIRA, A. D. B.; AGRAWAL, P.; FREITAS, N. L.; SILVA, E. S.; ITO, E. N.; MÉLO, T. J. A. **Effect of alumina on the properties of poly(methylmethacrylate)/alumina composites obtained by melt blending.** Journal of Thermoplastic Composite Materials, p. 1 – 21, 2019.

BARBOSA, D. C. **Metanólise e etanolise a partir de misturas de óleos vegetais.** 2009. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia. Universidade Federal de Alagoas, Maceió – AL.

BARBOSA, I. M. B.; DANTAS, J.; FREITAS, N. L. **Preparação de Catalisadores de Cobalto Suportado em Alumina Visando Futura Destinação na Produção de Biodiesel.** In: IV Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, 2019, Campina Grande/PB. IV CONAPESC. Campina Grande/PB: Realize, 2019. v. 1.

BOZ, N.; DEGIRMENBASI, N.; KALYON, D. M. **Conversion of biomass to fuel: Transesterification of vegetable oil to biodiesel using KF loaded nano-g-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> as catalyst.** Applied Catalysis B: Environmental, v.89, p.590–596, 2009.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCT). **Portaria MCT nº 702, de 30.10.2002.** Disponível em:< <http://www.mct.gov.br /index.php/content/view/14600.html>>. Acesso em: 12 de Agosto de 2018.

CHENG, C. K.; FOO, S. Y.; ADESINA, A. A. **H<sub>2</sub>-rich synthesis gas production over Co/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst via glycerol steam reforming.** Catalysis Communications, v. 12 p. 292–298, 2010.

CORREIA, A. D. **O Futuro sem Petróleo,** In: Revista da armada. 2007: Lisboa. DANTAS, J.; LEAL, E.; ARAÚJO, N. O.; PEREIRA, K. R. O.; FERNANDES, P. C. R.; COSTA, A. C. F. M. **Síntese de ferrita do tipo Ni<sub>0,5</sub>Zn<sub>0,5</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> e utilização como catalisador em reação de esterificação do óleo de soja para obtenção de biodiesel.** In: ANDRADE, D.E. (Ed.). Petróleo e Outros Combustíveis. 1ª ed. Belo Horizonte-MG: Poisson, 2019. cap. 25, p. 202-218.

DANTAS, J.; LEAL, E.; CORNEJO, D. R.; KIMINAMI, R. H. G. A.; COSTA A. C. F. M. **Biodiesel production evaluating the use and reuse of magnetic nanocatalysts Ni<sub>0,5</sub>Zn<sub>0,5</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> synthesized in pilot-scale.** Arabian Journal of Chemistry, v. 13, p. 3026-3042, 2020.

DANTAS, J.; LEAL, E.; MAPOSSA, A. B.; CORNEJO, D. R.; COSTA, A. C. F. M. **Magnetic nanocatalysts of Ni<sub>0,5</sub>Zn<sub>0,5</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> doped with Cu and performance evaluation in transesterification reaction for biodiesel production.** Fuel, v. 191, p. 463-471, 2017.

FREITAS, N. L.; DANTAS, J.; COSTA A. C. F. M.; COSTA, O. K. T.; FERREIRA, A. C. F.; MORAIS, J. R. F. **Síntese de catalisadores de níquel suportado em alumina por via úmida.** In: Editora Poisson. Engenharia no Século XXI – Volume 7 – Belo Horizonte - MG: Poisson, 2019, cap.21, p. 120-128

FREITAS, N. L.; FAGURY-NETO, E.; LIRA, H. L.; GAMA, L.; KIMINAMI, R. H. G. A.; COSTA, A. C. F. M. **Combustion synthesis of a-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> powders.** Materials Science Forum, v. 530-531, p. 631-636, 2006.

GUPTA, J.; AGARWAL, M.; DALAI, A.K. **An overview on the recent advancements of sustainable heterogeneous catalysts and prominent continuous reactor for biodiesel production.** Journal of Industrial and Engineering Chemistry, v. 88, p. 58-77, 2020.

HOANG, A.T.; TABATABAEI, M.; AGHBASHLO, M.; CARLUCCI, A.P.; ÖLÇER, A. I.; LE, A. T.; GHASSEMI, A. **Rice bran oil-based biodiesel as a promising renewable fuel alternative to petrodiesel: A review.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 135, p. 110204, 2021.

JEON, Y.; CHI, W. S., HWANG, J., KIM, J. H., & SHUL, Y. G. **Core-shell nanostructured heteropoly acid-functionalized metal-organic frameworks: Bifunctional heterogeneous catalyst for efficient biodiesel production.** *Applied Catalysis B: Environmental*, v. 242, p. 51-59, 2019.

KARTHIKEYAN, S.; PERIYASAMY, M.; PRATHIMA, A. **Biodiesel from microalgae: Environmental aspects.** *Materials Today: Proceedings*, 2020. *In Press*.

KURHADE, A.; DALAI, A. K. **Physiochemical characterization and support interaction of alumina-supported heteropolyacid catalyst for biodiesel production.** *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, v. 13, n. 6, p. e2249, 2018.

LEAL, E., DANTAS, J., MARÇAL, S. V., PONTES, R. M. P., FERNANDES, P. C. R., COSTA A. C. F. M. **Esterificação homogênea de óleo de fritura visando a produção de biodiesel e bioquerosene de aviação.** *In: Editora Poisson. Engenharia no Século XXI – Volume 13 – Belo Horizonte - MG: Poisson*, 2019, cap. 21, p. 217-223.

LIDE, D. R. **Handbook of Chemistry and Physics**, New York – NY: CRC Press, Edition 85 th, 1995.

MEZALIRA, D. Z. **Preparação e caracterização de materiais com propriedades catalíticas para a obtenção de hidrogênio e carbono nanoestruturado a partir da decomposição do etanol e do glicerol.** Florianópolis, SC: UFSC, 2011. Tese de Doutorado em Química.

OGUNKUNLE, O.; AHMED, N. A. **A review of global current scenario of biodiesel adoption combustion in vehicular diesel engines.** *Energy Reports*, v. 5, p. 1560-1579, 2019.

RANGANATHAN, S. V.; NARASIMHAN, S. L.; MUTHUKUMAR, K. **An overview of enzymatic production of biodiesel.** *Bioresource Technology*, v. 99, p. 3975-3981, 2008.

SILVA, A. S. **Avaliação de catalisadores aplicação de NiO e MoO<sub>3</sub>, suportados em MMC-41, na obtenção de biodiesel de óleo de algodão.** Campina Grande, PB: UFCG, 2011. Tese de Doutorado em Engenharia de Processos.

SILVA, M. C.; COSTA, N. C. O.; LIRA, D. S.; DANTAS, J.; COSTA, A. C. F. M.; FREITAS, N. L. **High energy milling of alumina synthesized by combustion reaction using a vertical shaft attritor mill: influence of the milling time length.** *Materials Science Forum*, n. 820, p. 155-160, 2015.

SIMÕES, L.W., FREITAS, N. L., DANTAS, J., LEAL, E. PONTES, J. R. M. P., FERNANDES, P. C. R. **Obtenção de biodiesel por meio da transesterificação do óleo de soja utilizando catalisador de KOH/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> em diferentes composições.** *In: Tullio, F. B. M e Machado, L. M. B. (Ed). Ampliação e aprofundamento de conhecimentos nas áreas das engenharias. 1ª edição.* Ponta Grossa, PR: Atena, 2020 cap. 9, p. 97-112.

SUAREZ, P.A.Z.; e MENEGHETTI, S.M.P. **70 aniversários do biodiesel em 2007: Evolução histórica e situação atual no Brasil.** *Química Nova*, v. 30, p. 2068-2071, 2007.

VASIĆ, K.; HOJNIK PODREPŠEK, G.; KNEZ, Ž.; LEITGEB, M. **Biodiesel production using solid acid catalysts based on metal oxides.** Catalysts, v. 10, n. 2, p. 237, 2020.

XIE, W.; PENG, H.; CHEN, L. **Transesterification of soybean oil catalyzed potassium loaded on alumina as a solid-base catalyst.** Applied Catalysis A: General, v. 300, p.67-74, 2006.

YU, Q.; YU, T.; CHEN, H.; FANG, G.; PAN, X.; BAO, X. **The effect of Al<sup>3+</sup> coordination structure on the propane dehydrogenation activity of Pt/Ga/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts.** Journal of Energy Chemistry, v. 41, p. 93-99, 2020.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aços 23, 24, 51

Alumina 24, 81, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 108, 109, 110, 111, 112

Aquecimento 40, 62, 67, 68, 69, 70, 71, 75, 77, 81, 100, 103

### B

Biodiesel 99, 100, 101, 102, 105, 109, 110, 111, 112

### C

C260 59, 60, 61, 62, 65, 66

CAD 1, 2, 3, 15, 126

Catálise 99, 103

Celeron 93, 94, 95, 96, 97, 98

Chapas 2, 11, 61, 66, 78, 93, 96, 97, 98

CNC 13, 14, 15, 16, 17, 20, 22, 31, 40, 45, 62

Combustão Interna 101, 117, 118, 119, 130

Comportamento Superficial 13, 14, 20, 22

Compósito 13, 196

Controle 4, 5, 9, 40, 41, 48, 49, 58, 66, 118, 131, 133, 135, 136, 137, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 181, 182

Corrosão 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 68, 94, 101, 209

### D

Desincorporador 79, 80, 82, 86

Dureza 7, 8, 23, 24, 25, 26, 27, 59, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 82, 85, 90, 91, 190

Duto 46

### E

Enxuta 172, 173, 174, 176, 178, 181, 182

Estampagem 1, 2, 12, 62

### F

Fluidodinâmica 117, 120, 130

Fotopletismografia 134, 135

Fricção 59, 60, 66

FSW 59, 60, 61, 62, 63, 66

## **G**

Gesso 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92

Gestão 11, 50, 172, 174, 177, 182, 209

## **I**

Impregnação de Metal 99

Ishikawa 1, 2, 3, 6

## **L**

Linha de Transmissão 140, 143

## **M**

Manufatura 13, 20, 35, 41, 45, 174

Medição 19, 22, 23, 24, 43, 47, 70, 72, 116, 135, 137, 164, 193

Microusinagem 29, 30, 31, 34, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45

Modelagem 22, 130, 140, 143, 147, 150, 151

Motor 101, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 133, 174

## **O**

Orifício 36, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 168, 169

## **P**

Parâmetros de Corte 13, 14, 16, 17, 19, 22, 30, 31, 34

PDCA 172, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181

Petróleo 46, 47, 48, 49, 51, 52, 55, 57, 58, 95, 100, 101, 110

Planejamento 3, 58, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 181, 182, 183, 185, 186, 187, 188, 209

Prática 50, 66, 160, 161, 164, 165, 170, 172, 179

Processamento de Sinais 134, 135

Propriedades 13, 14, 22, 29, 30, 37, 40, 43, 59, 61, 63, 65, 67, 68, 72, 73, 77, 87, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 103, 104, 111, 119, 190, 191

## **R**

Radiofrequência 140

Renshape 13, 14, 15, 22

Reservatório 160, 162, 164, 165, 166, 168

Resíduo 46, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 184, 199

Resina Fenólica 93, 94, 96

Resistencia 191

Revestimento 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 56, 57

Ritmo Cardíaco 134, 135, 136, 137, 138

Rugosidade 13, 14, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 32, 33, 34, 36, 37, 38

## **S**

Simulações 38, 114, 140, 141, 142, 143, 147, 151

Soldagem 59, 60, 62, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 75, 76, 77, 78, 197, 209

## **T**

Termofixo 93, 94

Transesterificação 99, 101, 102, 103, 105, 109, 111

Tratamento Térmico 67, 68, 71, 74, 75, 77

Turbocompressor 117, 118, 120, 121, 129, 130

## **V**

Vazão 160, 163, 164, 168, 169, 171

Vergalhão 1, 2, 3, 8

Vibração 84, 94, 117, 119, 126, 127, 128

# ENGENHARIAS:

## Metodologias e Práticas de Caráter Multidisciplinar

[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) 



# ENGENHARIAS:

## Metodologias e Práticas de Caráter Multidisciplinar

[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) 