



Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Mecânica

2

Atena
Editora
Ano 2020



Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Mecânica

2

Atena
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Karine de Lima Wisniewski

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 4.0 Internacional (CC BY 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. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

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^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª 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. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª 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
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. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
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. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Luiza Alves Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

A639 A aplicação do conhecimento científico na engenharia mecânica 2 [recurso eletrônico] / 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

ISBN 978-65-5706-376-7

DOI 10.22533/at.ed.767201109

1. Automação industrial. 2. Engenharia mecânica – Pesquisa – Brasil. 3. Produtividade industrial. 4. Tecnologia. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Dallamuta, João.

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A Engenharia Mecânica pode ser definida como o ramo da engenharia que aplica os princípios de física e ciência dos materiais para a concepção, análise, fabricação e manutenção de sistemas mecânicos. Nos dias atuais a busca pela redução de custos, aliado a qualidade final dos produtos é um marco na sobrevivência das empresas. Nesta obra é conciliada duas atividades essenciais a um engenheiro mecânico: Projetos e Simulação.

A área de projetos, simulação bem como o desenvolvimento de novo materiais vem ganhando amplo destaque, pois através de simulações pode-se otimizar os projetos realizados, reduzindo o tempo de execução, a utilização de materiais e os custos finais.

Outra área de grande importância é o estudo das naturezas térmicas, pois devido a mudanças significativas no meio ambiente, gradientes cada vez maiores de amplitude térmica vêm sendo registrados. Estes afetem diretamente a processos, previsões de para projetos e ainda aos custos finais de produtos.

Dessa forma, são apresentados trabalhos teóricos e resultados práticos de diferentes formas de aplicação e abordagens nos projetos dentro da grande área das engenharias. Trabalhos envolvendo simulações devido a inserção de novos softwares dedicados a áreas específicas, auxiliando o projetista em suas funções. Sabe-los utilizar de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Neste livro são apresentados vários trabalhos, alguns com resultados práticos, sobre simulações em vários campos da engenharia industrial, elementos de maquinas e projetos de bancadas práticas.

Um compendio de temas e abordagens que constituem a base de conhecimento de profissionais que se dedicam a projetar e fabricar sistemas mecânicos e industriais.

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!

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DE EQUAÇÃO TEÓRICA NA PREDIÇÃO DE RUGOSIDADE DO AÇO ABNT 1045 SUBMETIDO AO PROCESSO DE RETIFICAÇÃO

Mayara Fernanda Pereira

Bruno Souza Abrão

Rosemar Batista da Silva

DOI 10.22533/at.ed.7672011091

CAPÍTULO 2..... 8

AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE SUPERFICIAL DO AÇO N2711 APÓS RETIFICAÇÃO COM REBOLO DE ÓXIDO DE ALUMÍNIO

Henrique Butzlaff Hübner

Rosemar Batista da Silva

Marcus Antônio Viana Duarte

Eduardo Carlos Bianchi

DOI 10.22533/at.ed.7672011092

CAPÍTULO 3..... 15

AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE DO INCONEL 718 APÓS RETIFICAÇÃO COM REBOLOS DE DIFERENTES ABRASIVOS CONVENCIONAIS

Rodrigo de Souza Ruzzi

Raphael Lima de Paiva

Otávio de Souza Ruzzi

Rosemar Batista da Silva

DOI 10.22533/at.ed.7672011093

CAPÍTULO 4..... 22

AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE GERADA PELO PROCESSO DE JATEAMENTO EM DIFERENTES DISTÂNCIAS DO BOCAL À PEÇA

Henrique Butzlaff Hübner

Antonio Favero Filho

Freddy Alejandro Portillo Morales

Mayara Fernanda Pereira

Rosemar Batista da Silva

DOI 10.22533/at.ed.7672011094

CAPÍTULO 5..... 31

ENSAIO BALÍSTICO DE LAMINADOS DE AÇO PARA FUTURA APLICAÇÃO EM BLINDAGEM ADD-ON ESPAÇADA

João Pedro Inácio Varela

Ednaldo Gomes da Rocha Júnior

Wanderley Ferreira de Amorim Júnior

DOI 10.22533/at.ed.7672011095

CAPÍTULO 6..... 47

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE FILMES HÍBRIDOS BIODEGRADÁVEIS

COMPOSTOS POR FÉCULA DE BATATA (FB), GELATINA BOVINA (GB) E QUITOSANA (QT)

Francielle Cristine Pereira Gonçalves
Kristy Emanuel Silva Fontes
Elano Costa Silva
Arthur Domingos Mesquita De Moraes
Dyana Alves De Oliveira
Théo Martins De Alencar Paiva
Ricardo Alan Da Silva Vieira
Manoel Quirino da Silva Júnior
Francisco Leonardo Gomes de Menezes

DOI 10.22533/at.ed.7672011096

CAPÍTULO 7..... 60

REFLECTIVITY BEHAVIOR IN X-BAND OF MICROWAVE ABSORBERS BASED ON CU SUBSTITUTED NIZN SPINEL NANOCRYSTALLINE FERRITE

Valdirene Aparecida da Silva
Evandro Luis Nohara
Mirabel Cerqueira Rezende

DOI 10.22533/at.ed.7672011097

CAPÍTULO 8..... 71

DESENVOLVIMENTO DE PRÓTESE PERSONALIZADA DA ATM ATRAVÉS DA GERAÇÃO DE IMAGEM 3D BIOMECÂNICA A PARTIR DE TOMOGRAFIA

Rafael Ferreira Gregolin
Cecília Amélia de Carvalho Zavaglia
Ruís Camargo Tokimatsu
João Antônio Pereira
Bruna Beatriz de Paiva

DOI 10.22533/at.ed.7672011098

CAPÍTULO 9..... 81

PROJETO ROBUSTO DE CIRCUITO *SHUNT* RESSONANTE PARA ATENUAÇÃO PASSIVA DE VIBRAÇÕES EM VIGA COMPÓSITA

Lorrane Pereira Ribeiro
Antônio Marcos Gonçalves de Lima

DOI 10.22533/at.ed.7672011099

CAPÍTULO 10..... 93

ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO ENTRE GLP E GNV EM GERADOR À COMBUSTÃO

Paulo Roberto Hahn
Jorge Luis Plácido de Borba
Marco Antônio Frölich
Moisés de Mattos Dias
Elienai Josias Brum Dutra
Monir Göethel Borba
Patrice Monteiro de Aquim

Eduardo Luis Schneider
José Lesina Cezar
Lirio Schaeffer

DOI 10.22533/at.ed.76720110910

CAPÍTULO 11 104

MODELAGEM DE ESCOAMENTOS GÁS-LÍQUIDO INTERMITENTES: CORRELAÇÕES PARA O COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Lucas Avosani
Luiz Eduardo Melo Lima

DOI 10.22533/at.ed.76720110911

CAPÍTULO 12..... 117

RADIAÇÃO TÉRMICA EM SUPERFÍCIES SELETIVAS

Gustavo César Pamplona de Sousa
Raimundo Nonato Calazans Duarte
Wanderley Ferreira de Amorim Júnior
Kelly Cristiane Gomes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.76720110912

CAPÍTULO 13..... 128

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE CONTROLE ÓTIMO UTILIZANDO ALGORITMOS GENÉTICOS

Arthur Henrique Iasbeck
Fran Sérgio Lobato

DOI 10.22533/at.ed.76720110913

CAPÍTULO 14..... 139

CONSTRUÇÃO DO TEODOLITO CASEIRO:UMA ALTERNATIVA BARATA E EFICIENTE

Ronis Cley Fontes da Silva
Lourivan Carneiro de Souza

DOI 10.22533/at.ed.76720110914

CAPÍTULO 15..... 151

ANÁLISE DA POTÊNCIA ELÉTRICA NA RETIFICAÇÃO DO AÇO ENDURECIDO SAE 52100 EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE CORTE

Raphael Lima de Paiva
Rodrigo de Souza Ruzzi
Otávio de Souza Ruzzi
Rosemar Batista da Silva

DOI 10.22533/at.ed.76720110915

SOBRE OS ORGANIZADORES 159

ÍNDICE REMISSIVO..... 160

REFLECTIVITY BEHAVIOR IN X-BAND OF MICROWAVE ABSORBERS BASED ON CU SUBSTITUTED NIZN SPINEL NANOCRYSTALLINE FERRITE

Data de aceite: 01/09/2020

Data de submissão: 19/08/2020

Valdirene Aparecida da Silva

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos, SP, 12228-900, Brazil.
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento/ Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), São José dos Campos, SP, 12244-390, Brazil.
<http://lattes.cnpq.br/7589457380501169>
<http://orcid.org/0000-0002-7192-3094>

Evandro Luis Nohara

Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté (UNITAU), Taubaté, SP, 12060-440, Brazil.
<http://lattes.cnpq.br/2182041882695851>

Mirabel Cerqueira Rezende

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos, SP, 12228-900, Brazil.
4Instituto de Ciência e Tecnologia/Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), São José dos Campos, SP, 12231-280, Brazil,
<http://lattes.cnpq.br/3744737176516322>
<http://orcid.org/0000-0002-3735-8765>

ABSTRACT: Ferrites are widely used in radar absorbing materials (RAM) processing to adjust their electromagnetic properties aiming the attenuation of microwaves. In this work, RAM based on eight different formulations of $Ni_xCu_{0.5-x}Zn_{0.5}Fe_2O_4$ ($0.2 \leq x \leq 0.5$) nanocrystalline ferrites were prepared in epoxy resin (50 wt.%). Reflectivity measurements in the frequency

range of 8.2 - 12.4 GHz (X-band), performed in waveguide, show the influence of both ferrite composition and the heat treatment temperatures on RAM performance. In a general way, the samples behave as broadband absorbers (-4 to -10 dB) with the tendency of attenuation in lower frequencies (< 8.2 GHz). A formulation with higher Cu molar fraction ($x = 0.2$) shows resonant behavior with the maximum attenuation of -30 dB (99.9% of absorption) at 8.4 GHz.

KEYWORDS: Radar Absorbing Materials, RAM, Reflectivity, CuNiZn Ferrite, Nanoparticles.

REFLETIVIDADE DE ABSORVEDORES DE MICRO-ONDAS BASEADOS EM FERRITA NANOCRISTALINA ESPINÉLIO DE NIZN SUBSTITUÍDA POR CU NA BANDA X

RESUMO: As ferritas são amplamente utilizadas no processamento de materiais absorvedores de radiação eletromagnética (MARE) para ajustar suas propriedades eletromagnéticas visando a atenuação da micro-ondas. Neste trabalho, MARE com base em oito formulações diferentes de ferritas nanocristalinas $Ni_xCu_{0.5-x}Zn_{0.5}Fe_2O_4$ ($0,2 \leq x \leq 0,5$) foram preparadas em resina epóxi (50% m/m). As medidas de refletividade, realizadas em guia de onda, na faixa de frequência de 8,2 - 12,4 GHz (banda X), mostram a influência da composição da ferrita e das temperaturas de tratamento térmico no desempenho do MARE. De maneira geral, as amostras se comportam como absorvedores de banda larga (-4 a -10 dB) com tendência de atenuação em frequências mais baixas (<8,2 GHz). Uma formulação com maior fração molar

de Cu ($x = 0,2$) mostra comportamento ressonante com atenuação máxima de -30 dB (99,9% de absorção) em 8,4 GHz.

PALAVRAS-CHAVE: Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética, MARE, Refletividade, Ferrita CuNiZn, Nanopartículas.

1 | INTRODUCTION

Radar absorbing materials (RAM) development has a great technological importance and has attracted the worldwide researcher's attention. Firstly, this area was motivated by stealth technology used in defense systems and in military platforms. For this, large investments were applied in research covering a wide frequency range from 1 to 40 GHz [1]. Nowadays, studies related to this area involve besides the military area works about control of microwaves in the atmosphere, telecommunication area, mobile phones, and receiving antennas, in satellite transmission and reception, in the medical segment, anechoic chambers for researches and industrial controls, security employed in aircraft, ships, automobiles, electronic devices (television, radios, microwave oven) and others. These studies have involved RAM applied in the frequency range of 10 to 100 GHz [2-10].

RAM are special materials which provide losses of energy. Adjusted in terms of operating frequency, these materials attenuate the electromagnetic radiation of the incident wave that is dissipated in form of heat through the Joule effect [1,6]. These materials can be classified as magnetic or dielectric, according to the used additive, which favors the energy losses by physical and chemical processes [5,11].

The electric and magnetic properties of RAM can be manipulated in order to reach a specific property making them absorbers in a determined frequency (resonant absorbers) or in a broad spectrum of frequencies (broadband absorbers). Magnetic RAM are usually processed by using carbonyl iron or ferrites in a polymeric matrix [12-15].

Ferrites are an important class of magnetic materials, because the metallic oxides have magnetic ions arranged in a certain way that promotes spontaneous magnetization and, also, good dielectric properties. These characteristics confer special properties and importance for this class of materials. Spinel type ferrites are the most used as microwave absorber centers and they can be utilized in the frequency range of 3 to 30 GHz [4]. Among the spinel ferrite type, the NiZn ferrites are the most studied, due to their applications in electronic industries in high resistivity magnetic device. These materials have inverse spinel cubic configuration and are ferrimagnetic ceramics. Their chemical compositions are formed by a solid solution of NiO, ZnO and Fe_2O_3 oxides. Processing variations, such as preparation of the powder, roasting, grinding and the sintering conditions (temperature, time and atmosphere)), allow the microstructure control [3,13,14].

Nowadays, the ion substitution in ferrites is being studied. One of the goals is to improve their performance when utilized as microwave absorber materials. Cation

combinations or metallic ions change the crystalline magneto anisotropy, providing new properties and different applications for substituted ferrites [15,16].

There are studies involving the spinel ferrite type, which may contain in its structure Mg, Mn, Ni, and Li atoms. Ferrites containing $\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{1.5}\text{O}_4$ have specific characteristics which make them a good material to be used as microwave absorber. They are inexpensive; their hysteresis curves are narrow and present high Néel temperature. Mg ferrites are widely processed for microwave applications due to their high specific resistance from 10^8 to 10^{10} W.cm, where divalent Mg ion replaces Fe^{2+} magnetite form [4]. Some divalent metal ions such as Ni, Cu, Mn, Zn, Mg and Co can replace the spinel ferrite crystallographic network allowing its application in RAM processing for the frequency range of 0.5 to 12 GHz [4,5,17].

It's known that different types of cations and their preferred locations in the crystalline arrangement define the physicochemical characteristics of ferrites and their applications in different frequency bands. However, the phenomenon that governs the interaction of the wave with the atoms in the crystalline structure is difficult to understand and rarely found in the literature [18-21].

In this context, the present study aims to contribute to the RAM processing area showing the reflectivity behavior, in the frequency range of 8.2 – 12.4 GHz, of eight samples prepared with Cu substituted NiZn spinel ferrite nanocrystalline in an epoxy resin matrix. The used spinel ferrite presented the stoichiometry of $\text{Ni}_x\text{Cu}_{0.5-x}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ with the molar fraction of $0.2 \leq x \leq 0.5$.

2 | MATERIALS AND METHODS

2.1 Ferrite syntheses

Ferrites based on $\text{Ni}_x\text{Cu}_{0.5-x}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ stoichiometry were supplied by the Department of Chemistry from Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)/Brazil and their preparation were based on the literature [22,23]. The used synthesis route was based on the citrate precursor method in the molar fraction $0.2 \leq x \leq 0.5$. Table 1 shows the used stoichiometries and the used heat treatment temperatures at 1000 and 1100 °C.

2.2 RAM preparation

RAM samples preparation was carried out in a bicomponent epoxy resin matrix, commercially available as Araldite Professional from CIBA Co. The samples were prepared by mixing 50 wt.% of the calcined nanoferrites in epoxy resin (Table 1). Afterwards, the formulations were cast in brass metal molds measuring (22.8 mm x 10.8 mm x 10 mm). The epoxy resin formulations were cured at room temperature for 24 hours.

The thickness of each sample was carefully adjusted according to Nicholson Ross model, considering the parameter $\lambda_g/4$ [24,25]. This procedure is described in details in the literature [26]. Manual grinding taking attention with the parallelism of the specimen

surfaces was performed to make the thickness adjustment. Table 1 depicts the sample codes and the correspondent thickness values.

Sample code	ferrite/epoxy resin (50 wt.%)	Thickness (mm)
A	$\text{Ni}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ calcined at 1000 °C	3.80
B	$\text{Ni}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ calcined at 1100 °C	3.40
C	$\text{Ni}_{0.4}\text{Cu}_{0.1}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ calcined at 1000 °C	5.10
D	$\text{Ni}_{0.4}\text{Cu}_{0.1}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ calcined at 1100 °C	3.40
E	$\text{Ni}_{0.3}\text{Cu}_{0.2}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ calcined at 1000 °C	5.32
F	$\text{Ni}_{0.3}\text{Cu}_{0.2}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ calcined at 1100 °C	4.96
G	$\text{Ni}_{0.2}\text{Cu}_{0.3}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ calcined at 1000 °C	5.20
H	$\text{Ni}_{0.2}\text{Cu}_{0.3}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ calcined at 1100 °C	3.90

Table 1 – RAM samples and their thickness values used for the reflectivity measurements.

2.3 Electromagnetic characterization

Reflectivity measurements were taken so as to obtain the attenuation values of the incident electromagnetic wave in the prepared RAM. These measurements were obtained in a vector network analyzer (Hewlett Packard 8510C, Hewlett-Packard, USA, with WR 90 calibration kit, in the frequency range of 8.2 to 12.4 GHz (X-band)). The waveguide technique involves a device made with high mechanical precision, where the propagation of electromagnetic wave occurs in a closed system [24]. This system, basically, consist of a waveguide with one terminal to generate the microwave signal and other to collect de the reflected signal that is conducted for spectral analysis [27]. In this methodology, a metal plate (aluminum plate) is located behind the sample. Figure 1 shows schematically the used apparatus.

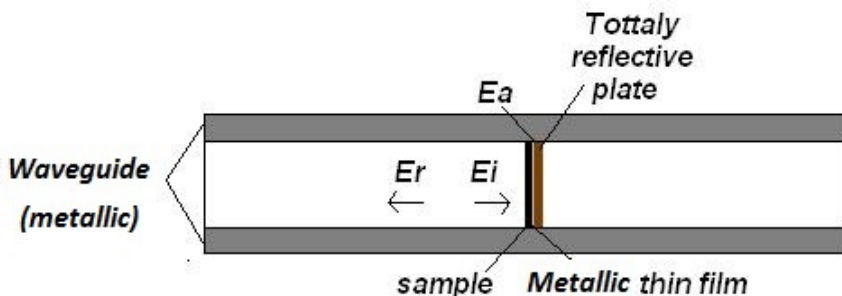


Figure 1. Waveguide setting used for the reflectivity measurements of the RAM samples. Adapted from [27]. E_a : absorbed energy; E_r : reflected energy; E_i : incident energy; E_t : transmitted energy.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

RAM based on $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$ ferrite

Figure 2 shows the reflectivity behavior of RAM samples containing the $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$ -nanoferrite in epoxy resin (50% wt). The black line represents a full reflector material as reference, i.e., zero electromagnetic wave attenuation. Curve A shows the reflectivity values of the ferrite calcined at 1000 °C (sample A in Table 1). Attenuation values of approximately -4.0 dB in the frequency range of 9 to 10 GHz and the maximum attenuation peak of -4.2 dB at 9.3 GHz are observed. Curve B shows the reflectivity behavior of this ferrite heat treated at 1100 °C. This formulation presents a peak at 8.2 GHz and its reflectivity value is -7.6 dB, with the tendency of higher attenuation values for lower frequencies (< 8.2 GHz). In this case, the experimental results show better RAM performance for the formulation containing ferrite heat treated at 1100°C. This result suggests that the temperature increasing from 1000 to 1100 °C changed the magnetic characteristics of the ferrite improving the RAM performance.

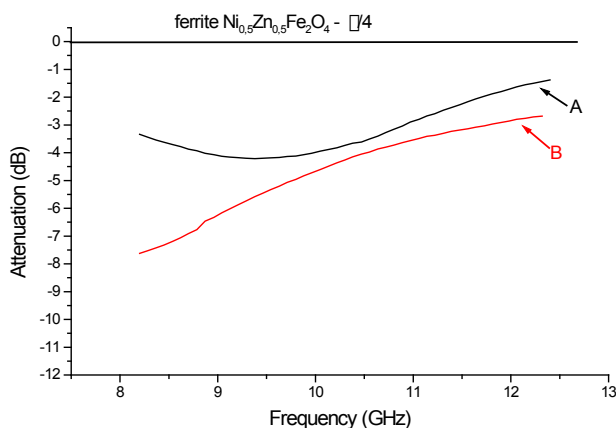


Figure 2 – Reflectivity curves of RAM samples as function of the frequency, prepared with $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$ ferrite treated at 1000 °C (code A) and 1100 °C (code B).

RAM based on $Ni_{0.4}Cu_{0.1}Zn_{0.5}Fe_2O_4$ ferrite

Figure 3 presents the reflectivity values of samples C and D. As observed in Fig. 2, the black line represents a 100% reflector material (reference). Curve C is representative of the attenuation behavior of C-sample heat treated at 1000 °C. Comparing curves A (Fig. 2) and C (Fig. 3) it is observed the influence of the Cu (x = 0.4) adding on NiZn ferrite (Table

1). This comparison shows that the RAM performance improves below 10 GHz (curve C) with a maximum reflectivity value of -7.6 dB at 8.2 GHz. This curve suggests also that better attenuation contributions in lower frequency range (< 8.2 GHz) can be obtained. Reflectivity values of sample D show maximum attenuation of -8.1 dB at 8.2 GHz, with the same tendency observed for sample C, i.e., better RAM performance in lower frequencies. Comparing curves C and D it is also observed the temperature influence on the ferrite behavior. In this case better reflectivity results are observed for the RAM prepared with the ferrite treated at 1100 °C.

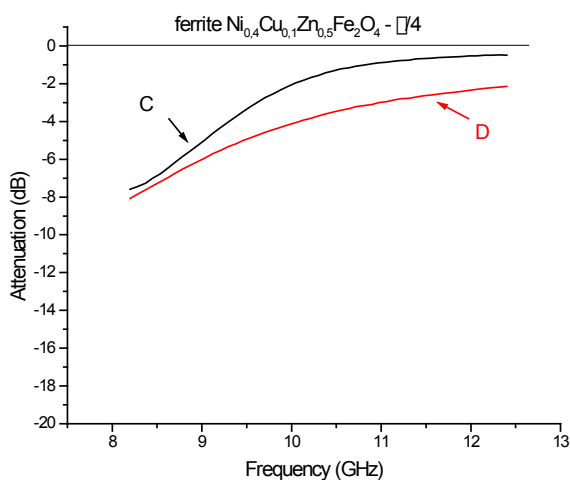


Figure 3 – Reflectivity curves of RAM samples as function of the frequency, prepared with $\text{Ni}_{0.4}\text{Cu}_{0.1}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ferrite treated at 1000 °C (code C) and 1100 °C (code D).

RAM based on $\text{Ni}_{0.3}\text{Cu}_{0.2}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ferrite

Figure 4 shows the reflectivity values for samples E and F, calcined at 1000 °C and 1100 °C, respectively (Table 1). The observed behaviors are similar to those verified in Fig. 3. In this case, the Cu concentration increasing ($x = 0.3$) in the NiZn ferrite and the heat treatment temperature do not show significant influence on the RAM performance. The sample calcined at 1000 °C presents a maximum attenuation value of -9.4 dB at 8.2 GHz, with the tendency of better results for lower frequencies (<8.2 GHz). Sample F presents a maximum peak at 8.3 GHz of -8.4 dB.

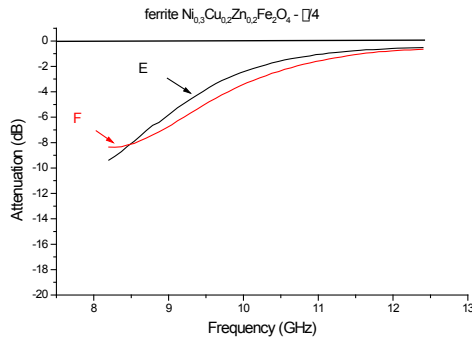


Figure 4 – Reflectivity curves of RAM samples as function of the frequency, prepared with $\text{Ni}_{0.3}\text{Cu}_{0.2}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ferrite treated at 1000 °C (code E) and 1100 °C (code F).

RAM based on $\text{Ni}_{0.2}\text{Cu}_{0.3}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ferrite

Figure 5 shows the reflectivity curves of RAM based on $\text{Ni}_{0.2}\text{Cu}_{0.3}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ferrite formulations, calcined respectively at 1000 °C (code G) and 1100 °C (code H). The curve G presents the reflectivity values of this ferrite heat treated at 1000 °C. In this case the incident electromagnetic wave showed an attenuation of -4.0 dB in the frequency range of 9 to 10 GHz, with a maximum value of -10 dB in 8.2 GHz. The curve H shows the reflectivity behavior of the sample treated at 1100°C with a maximum value of -30 dB at 8.4 GHz. This value corresponds to 99.9% of absorption, according to the conversion table of attenuation (dB) in absorption (%) [28]. These results show clearly the influence of the Cu concentration in the ferrite composition ($x = 0.2$) the heat treatment temperature and the wave phase canceling [1,29] on the RAM performance.

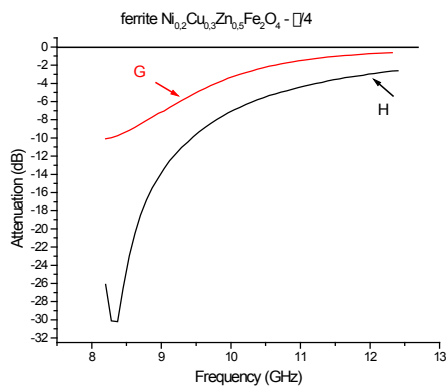


Figure 5 – Reflectivity curves of RAM samples as function of the frequency, prepared with $\text{Ni}_{0.2}\text{Cu}_{0.3}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ferrite treated at 1000 °C (code G) and 1100 °C (code H).

Table 2 summarizes the values of maximum attenuation and the frequency of maximum attenuation for the RAM samples studied. In a general way, the analysis of the data shows the maximum attenuation increase with the calcination temperature increment and also with the Cu concentration increase in the NiZn ferrite. The tendency of larger attenuation with the calcination temperature increase is cited in a previous work [22]. In this study, Lima *et al.* [22,23] show that this same ferrite type ($\text{Ni}_x\text{Cu}_{0.5-x}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$) when calcined at 1100 °C presents a more intense domain walls mobility due to both the coercive field decrease and the particle size increase. As a consequence, this behavior increases the magnetization and consequently the energy absorption for the ferrite electronic structure that is lost as heat by Joule effect [1,29].

On the other side, the decrease in Ni and the increase in Cu in the ferrite structure promoted larger microwave attenuation. The Cu increment favors the oxygen vacancy formation. These defects relief the domain walls mobility and favors their expansion when submitted to magnetic fields [23]. Meshram *et al.* [30] show also that increasing the Cu concentration and decreasing the Ni concentration the coercive field of ferrite decreases. Thus, this author suggests that the increase in Cu concentration contributes to the increase of wave attenuation. This consideration is in concordance with the experimental results obtained in the present study.

The resonance observed in curve H (-30 dB) is probably favored by the Cu concentration, the calcination temperature increase, and also by the wave phase canceling due to the sample thickness-wavelength matching of the tested specimen, as mentioned in the literature [1,29].

Sample code	Sample	Maximum attenuation (dB)	Frequency of the maximum attenuation (GHz)
A	$\text{Ni}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ calcined at 1000 °C	-4.2	9.3
B	$\text{Ni}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ calcined at 1100 °C	-7.6	8.2
C	$\text{Ni}_{0.4}\text{Cu}_{0.1}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ calcined at 1000 °C	-7.6	8.2
D	$\text{Ni}_{0.4}\text{Cu}_{0.1}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ calcined at 1100 °C	-8.1	8.2
E	$\text{Ni}_{0.3}\text{Cu}_{0.2}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ calcined at 1000 °C	-9.4	8.2
F	$\text{Ni}_{0.3}\text{Cu}_{0.2}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ calcined at 1100 °C	-8.4	8.3
G	$\text{Ni}_{0.2}\text{Cu}_{0.3}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ calcined at 1000 °C	-10	8.2
H	$\text{Ni}_{0.2}\text{Cu}_{0.3}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ calcined at 1100 °C	-30	8.4

Table 2 – Maximum attenuation and the frequency of the maximum attenuation of the RAM samples.

4 | CONCLUSIONS

Radar absorbing materials based on $\text{Ni}_x\text{Cu}_{0.5-x}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($0.2 \leq x \leq 0.5$) and epoxy resin showed good microwave attenuation values in the frequency range of 8.2 and 12.4

GHz. The increase either the copper ion concentration in the NiZn-ferrite and the calcined temperature favored the wave attenuation in the RAM studied. Different ferrite stoichiometries are responsible for different attenuation values of the incident microwaves (-4.2 to -30 dB) with the tendency of better attenuation behavior in lower frequencies (< 8.2 GHz). RAM formulated with ferrite containing Cu-molar fraction of $x = 0.2$ presented resonant behavior with attenuation value of -30 dB (99.9% of absorption) at 8.4 GHz.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge FINEP (Proc. n° 1757-03) and CNPq (Processes n° 305123/2018-1 and 408560/2016-9) for the financial support, Dr. Ricardo S. Nasar and his research group from UFRN/Brazil for the supply of ferrite samples and Msc Jose Jesus Pereira for his help electromagnetic measurements.

REFERENCES

1. D.K. Barton, S.A Leonov, **Radar Technology Encyclopedia**. London. Artech House, 1997.
2. M.R. Meshram *et al.*, **Characterization of M-type barium hexagonal ferrite-based wide band microwave absorber**. J. of Magnet. and Mag. Mat., 271 (2004) 207-214. 2004.
3. Mandal, A. Ghosh, D., Malas, A., Pal, P. and Das, C. K., **Synthesis and Microwave Absorbing Properties of Cu-Doped Nickel Zinc Ferrite/Pb(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O₃ Nanocomposites**. J. of Eng. v 2013, Article ID 391083.
4. M.P. Horvath, **Microwave applications of soft ferrites**. J. of Magnet. and Mag. Mat., 215-216 (2000) 171-183.
5. V.M. Petrov, V.V. Gagulin, **Microwave Absorbing Materials**. Inorg. Mat., 37 (2) (2001) 93-98.
6. S. Gupta, N.H. Tai, **Carbon materials and their composites for electromagnetic interference shielding effectiveness in X-band**, Carbon N. Y. 152 (2019) 159e187.
7. A. Ling, G. Tan, Q. Man, Y. Lou, S. Chen, X. Gu, R.W. Li, J. Pan, X. Liu, **Broadband microwave absorbing materials based on MWCNTs' electromagnetic wave filtering effect**. Compos. B Eng. 171 (2019) 214e221.
8. Z. Xiang, Y. Song, J. Xiong, Z. Pan, X. Wang, L. Liu, R. Liu, H. Yang, W. Lu, **Enhanced electromagnetic wave absorption of nanoporous Fe₃O₄ @ carbon composites derived from metal-organic frameworks**. Carbon N. Y. 142 (2019) 20e31.
9. H. Yuan, X. Zhang, F. Yan, S. Zhang, C. Zhu, C. Li, X. Zhang, Y. Chen, **Nitrogen-doped carbon nanosheets containing Fe₃C nanoparticles encapsulated in nitrogen-doped graphene shells for high-performance electromagnetic wave absorbing materials**. Carbon N. Y. 140 (2018) 368e376.

10. D.W. Lee, H. Kim, J.H. Moon, J.H. Jeong, H.J. Sim, B.J. Kim, J.S. Hyeon, R.H. Baughman, S.J. Kim, **Orthogonal pattern of spinnable multiwall carbon nanotubes for electromagnetic interference shielding effectiveness**. Carbon N. Y. 152 (2019) 33e39.
11. S. Hallynck, **Elaboration et caractérisations de composites chargés en ferrite spinelle à morphologie contrôlée pour utilisations micro-ondes** (2005). 202 f. These (Doctorat Physique-Chimie des Matériaux.) - Université Strasbourg 1, Louis Pasteur, Strasbourg.
12. Dishovski, N., Petkov, A., Nedkov, I. V., Razkazov, **Hexaferrite Contribution to Microwave Absorbers Characteristics**. IEEE Transactions on Magnetics. Vol. 30, N°. 2, 1994, pp. 969-971.
13. Yuchang, Q.; Zhou, W., Luo, F., Zhu, D., **Microwave electromagnetic properties of carbonyl iron particles and Si/C/N nano-powder filled epoxy-silicone coating**. Phy B: Cond. Matter, 405 (4) (2010) 1181-1184.
14. Yuchang, Q.; Zhou, W., Luo, F., Zhu, D., **Optimization of electromagnetic matching of carbonyl iron/BaTiO₃ composites for microwave absorption**. J. of Mag and Mag Mat, 323 (5) (2011) 600-606.
15. Kim YJ and Kim SS. **Microwave absorbing properties of Co-substituted Ni₂W hexaferrites in Ka-band frequencies (26.5-40 GHz)**. IEEE Transaction on Magnetics. 2002; 38:3108-3110.
16. Sláma, J. S. Grusková, A. Papánová, M. Kevická, D. Dosoudil, R., Jančárik, V., González, A., Mendoza, G., **Magnetic properties of Me-Zr substituted Ba-hexaferrite**. J. of Mag. and Mag. Mat., 272-276 (2004) 385-387.
17. W.L. Von Aulok, **Handbook of microwave ferrite materials**. New York: Academic Pres, 1965.
18. Yu, X., Lin, G., Zhang, D., He, H., **An optimizing method for design of microwave absorbing materials**. Materials & Design, 27 (8) (2006) 700-705.
19. Nie, Y., He, H. H., Feng, Z. K., Zhang, X. C. and Cheng, X. M., **Microwave Characterization of (Co, Zn)₂W Barium Hexagonal Ferrite Particles**. J. of Magnet. and Mag. Mat. v. 303, No. 2, 2006, pp. e423-e427.
20. Kagotania, T., Fujiwara, D., Sugimoto, S., Inomata, K., Homma, M., **Enhancement of GHz electromagnetic wave absorption characteristics in aligned M-type barium ferrite Ba_{1-x}La_xZn_xFe_{12-x-y}(Me_{0.5}Mn_{0.5})₉O₁₉ (x=0.0-0.5; y=1.0-3.0, Me: Zr, Sn) by metal substitution**. J. of Magnet. and Mag. Mat., 272-276 (1) (2004) e1813-e1815.
21. Li, Z. W., Chen, L., Wu, Y. P., Wu, Y. P., Ong, C. K., **Microwave attenuation properties of W-type barium ferrite BaZn_{2-x}CoxFe₁₆O₂₇ composites**. J. of Appl Phy. 96 (1) (2004) 534-539.
22. Lima, U.R., M.C. Nasar, R.S. Nasar, M.C. Rezende, J.H. Araújo. **Ni-Zn nanoferrite for radar-absorbing material**. J. of Magnet and Mag Mat, 320 (2008) 1666-1670.
23. Lima, U.R., M.C. Nasar, R.S. Nasar, M.C. Rezende, J.H. Araújo, J.F. Oliveira. **Ni-Zn nanoferrite for radar-absorbing material**. Materials Sci and Eng B, 151 (2008) 238-242.

24. A.M. Nicholson, G.F. Ross, **Measurement of the Intrinsic Properties of Materials by Time-Domain Techniques**. IEEE Trans. Instrum. Meas., IM-19 (4) (1970) 377–382.
25. W. B. Weir, **Automatic Measurement of Complex Dielectric Constant and Permeability at Microwave Frequencies**. Proceedings of the IEEE, Vol. 62, No. 1, 1974, Pp. 33-36.
26. Pereira, J.J., **Caracterização Eletromagnética de Materiais Absorvedores de Microondas via medidas de Permissividade e Permeabilidade Complexas na Banda X**. (2007) Dissertação (Mestrado) - Universidade de Taubaté (UNITAU), Taubaté, Brasil.
27. Nohara, E.L., **Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética (8-12 GHz) Obtidos pela Combinação de Compósitos Avançados Dielétricos e Revestimentos Magnéticos**. Ph.D. Thesis, Technological Institute of Aeronautics (2003) São José dos Campos, S.P., Brazil.
28. S.M. Lee, **International encyclopedia of composites**. New York. VHC Publ., 1991, v.6.
29. E.F. Knnot, et al. Radar Cross Section, its prediction, measurement and reduction. Arthec House. Inc., 1985.
30. Meshram, M. R., Agrawal. N. K., Sinha, B., Misra, P. S., **Characterization of (Co-Mn-Ti) Substituted M type barium hexagonal ferrite based microwave absorber at X band**. Antennas, Propagation and EM Theory, v. 28, p. 746 -749. 2003.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acabamento 2, 3, 9, 10, 11, 15, 16, 17, 22, 25, 28, 75, 151, 152

Aço Carbono 22, 25

Aço N2711 8, 13

Algoritmos 128, 129, 131

Aplicações Matemáticas 128

Atmosfera de Corte 19, 151, 152, 154, 155, 156, 157

B

Biodegradável 49, 52

Biomodelos 71, 73

Blindagem 31, 32, 33, 34, 35, 36, 42, 45, 46

C

Caracterização Mecânica 47, 48

Carbeto de Silício 15, 16, 17, 18, 19, 20

Circuitos Shunt Piezelétricos 81

Coefficiente Convectivo 104, 106, 110

Coletor Solar 117, 126

Controle Ótimo 91, 128, 129, 130, 135, 138

Controle Passivo 81, 82, 86, 91

Correlações 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114

D

Distância de Aplicação 22, 24, 25, 29

E

Elementos Finitos 71, 74, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 92

Embalagens 48, 52, 96

Energia Renovável 94, 101

Escoamento Multifásico 104

G

Gás Liquefeito de Petróleo 94, 96, 102, 103

Gás Natural Veicular 94, 95, 97

Grupo Motor-Gerador 93, 94, 95, 98, 99, 100, 102

I

Imagem Médica 71

Inconel 718 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21

Integridade da Superfície 8

J

Jateamento 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30

L

Laminados de Aço 31, 32, 36, 39

M

Materiais Absorvedores 60, 61, 70

Material Compósito 81, 82, 85, 86

Modelagem 71, 72, 76, 79, 81, 82, 83, 84, 86, 92, 104, 138, 141, 143

Modelo Teórico 1, 2

Módulos Balísticos 31

N

Nanopartículas 61

P

Padrão Intermitente 104, 105, 107, 108

Penetração de Trabalho 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

Potência Elétrica 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

Propagação de Incertezas 81

Próteses 71, 73

R

Radiação Térmica 117, 118, 119, 122, 123, 126

Refletividade 60, 61, 122, 123, 124, 126

Retificação 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 28, 29, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

Rugosidade 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 25, 27, 28, 29, 30, 151

S

Superfícies Seletivas 117, 118, 127





T

Teodolito 139, 140, 141, 143, 145, 146, 147, 148, 149, 150

Transferência de Calor 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 113, 115, 118, 126, 127

V

Velocidade da Peça 2, 3, 4, 5, 8, 10, 12, 17, 18, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Mecânica

2

 **Atena**
Editora
Ano 2020

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Mecânica

2

 **Atena**
Editora
Ano 2020