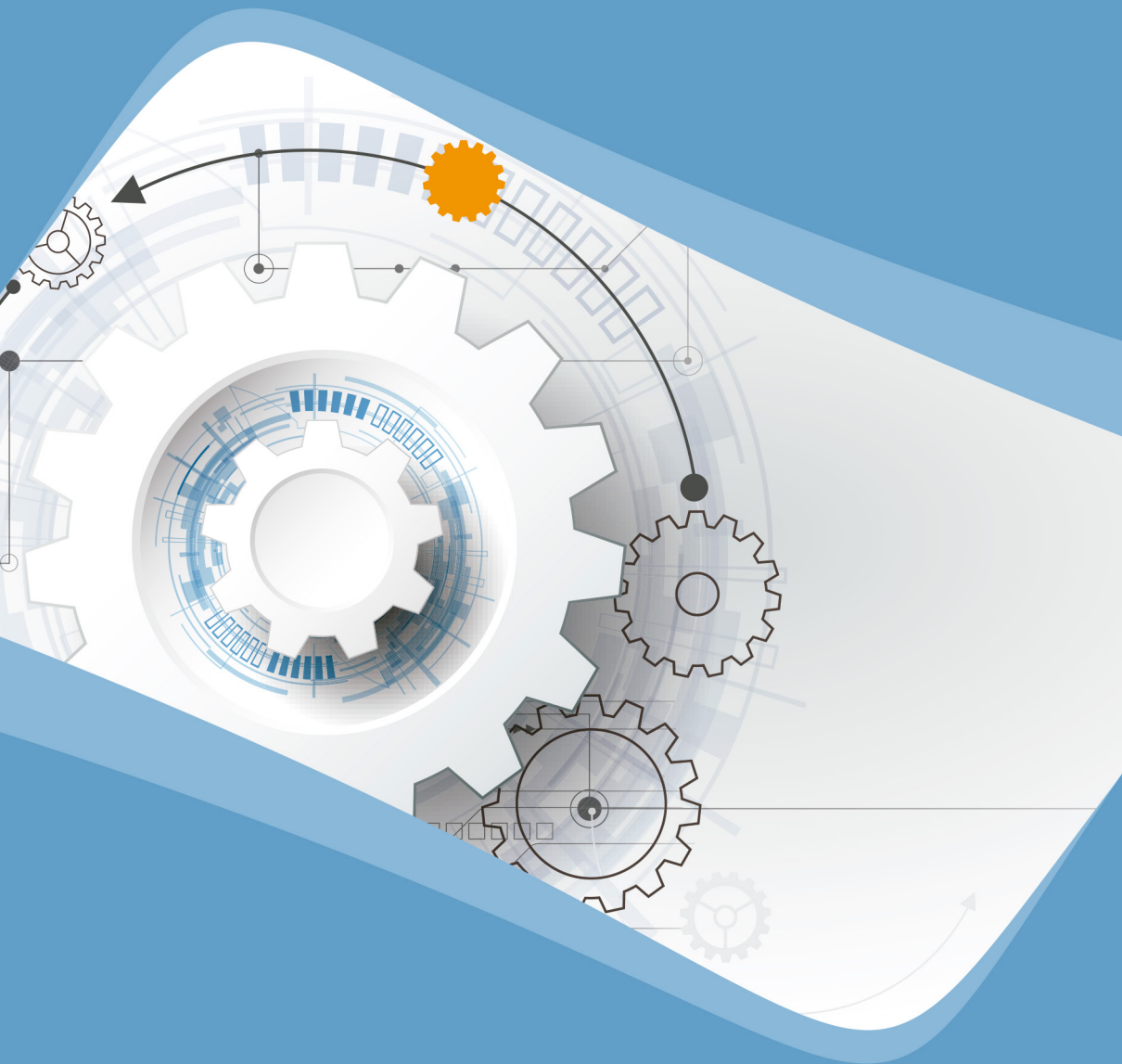


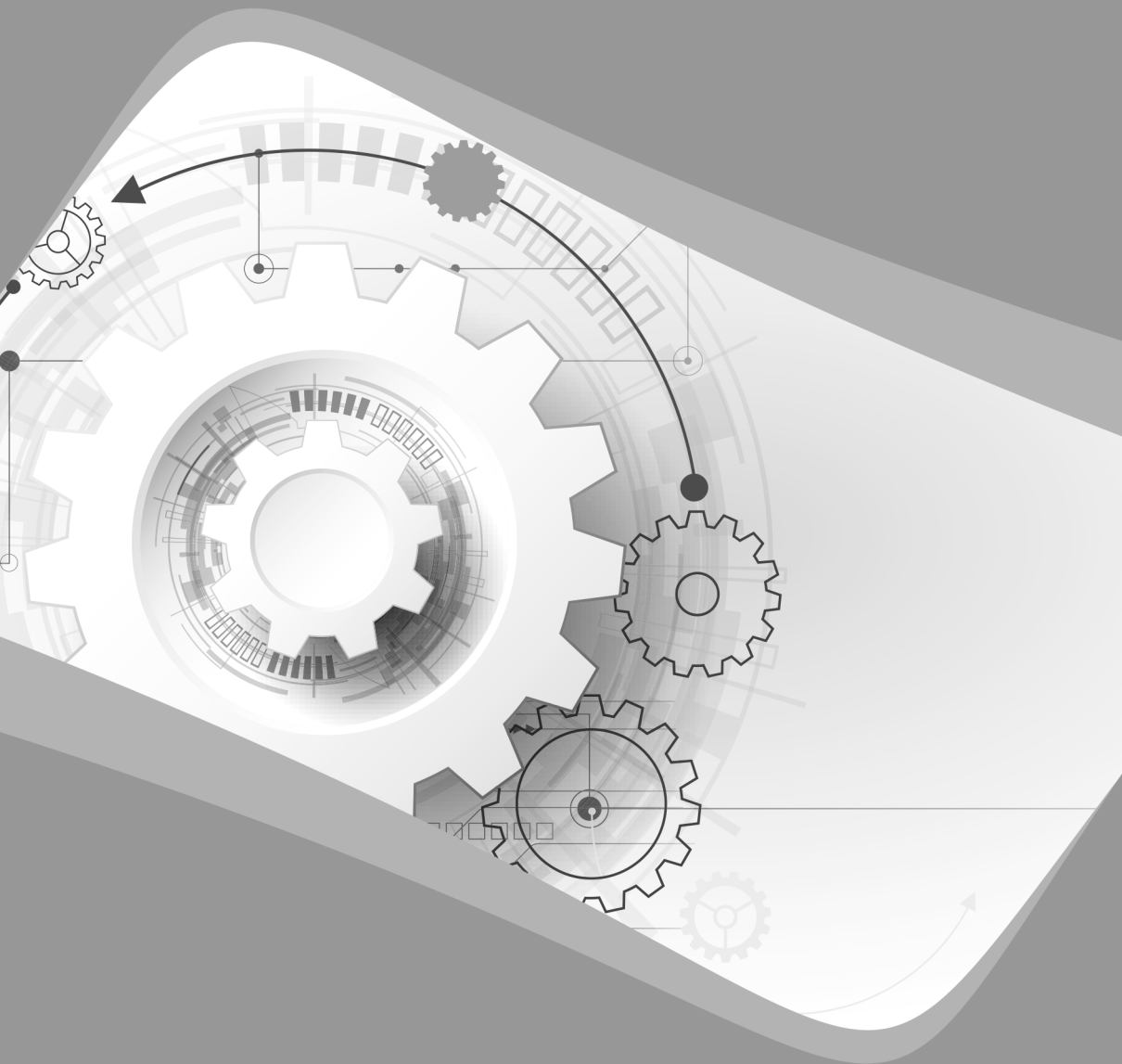
Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias 3



Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2020

Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias 3



Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

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

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Prof^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 Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
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. 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^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dr. 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
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

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

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

1. Engenharia. 2. Pesquisa. 3. Inovação. 4. Resultados.
 I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Título.
 CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos.

APRESENTAÇÃO

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente pelos engenheiros nos mais diversos ramos do conhecimento, é de saber ser multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas. Hoje exige-se que os profissionais saibam transitar entres os conceitos e práticas, tendo um viés humano e técnico.

Neste sentido este livro traz capítulos ligados a teoria e prática em um caráter multidisciplinar, apresentando de maneira clara e lógica conceitos pertinentes aos profissionais das mais diversas áreas do saber.

Apresenta temas relacionados a área de engenharia mecânica e materiais, dando um viés onde se faz necessária a melhoria continua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril. Destaca os processos de reciclagem e sustentabilidade dentro do contexto empresarial e de resíduos gerados nos processos produtivos.

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

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradeço pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura.

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

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

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

DOI 10.22533/at.ed.1332023111

CAPÍTULO 2..... 11

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

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

DOI 10.22533/at.ed.1332023112

CAPÍTULO 3..... 23

ANÁLISE MECÂNICA COMPARATIVA DE FIO ORTODÔNTICO NITI E AÇO INOXIDÁVEL

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

DOI 10.22533/at.ed.1332023113

CAPÍTULO 4..... 34

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

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

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

DOI 10.22533/at.ed.1332023114

CAPÍTULO 5..... 45

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

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

DOI 10.22533/at.ed.1332023115

CAPÍTULO 6..... 54

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

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

DOI 10.22533/at.ed.1332023116

CAPÍTULO 7..... 65

METAIS, CERÂMICAS E POLÍMEROS: SUAS APLICAÇÕES COMO BIOMATERIAL

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

DOI 10.22533/at.ed.1332023117

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

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

DOI 10.22533/at.ed.13320231113

CAPÍTULO 14..... 151

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

João Rodrigues dos Santos
Ricardo Tojal Ribeiro
Alexandra Santos Domingos

DOI 10.22533/at.ed.13320231114

CAPÍTULO 15..... 168

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

João Rodrigues dos Santos
Ricardo Tojal Ribeiro
Alexandra Santos Domingos

DOI 10.22533/at.ed.13320231115

CAPÍTULO 16..... 179

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

João Rodrigues dos Santos
Ricardo Tojal Ribeiro
Alexandra Santos Domingos

DOI 10.22533/at.ed.13320231116

CAPÍTULO 17..... 190

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

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

DOI 10.22533/at.ed.13320231117

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

CAPÍTULO 2

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

Data de aceite: 01/12/2020

Data de submissão: 05/10/2020

Jorge Athanasios Pimenidis

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/2971135823415601>

Rogério Teram

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/4022090335939212>

Maurício Silva Nascimento

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/0654610769101785>

Vinícius Torres dos Santos

Termomecânica São Paulo S.A. – TM
Centro Educacional da Fundação Salvador
Arena – CEFSA
São Bernardo do Campo – SP
<http://lattes.cnpq.br/5999855342195422>

Márcio Rodrigues da Silva

Termomecânica São Paulo S.A. – TM
Centro Educacional da Fundação Salvador
Arena – CEFSA
São Bernardo do Campo – SP
<http://lattes.cnpq.br/8275374225297308>

Antonio Augusto Couto

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
– IPEN
Universidade Presbiteriana Mackenzie – UPM
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/2893737202813850>

Givanildo Alves dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/0046237693009702>

RESUMO: O objetivo deste trabalho é analisar se a macroestrutura resultante de solidificação unidirecional influencia no comportamento elétrico da liga Al-6%Zn. O comportamento mecânico e elétrico de produtos industrializados, em muitas vezes significa dar garantias de durabilidade e solidez nas mais variadas aplicações de esforços e robustez de composição química. O ensaio de condutividade normalizado, norma técnica ASTM B193 – 02 (2014), utilizado neste trabalho é adotado industrialmente. O método de comparação dos resultados com a tabela de resistividade dos materiais foi adotado para análise dos resultados. Os resultados mostram que a macroestrutura resultante da solidificação praticamente não influencia na condutividade e resistividade elétrica da liga estudada.

PALAVRAS-CHAVE: Solidificação, liga de alumínio, macroestrutura, condutividade e resistividade elétrica.

ANALYSIS OF THE ELECTRICAL BEHAVIOR OF AN AL-6WT.%ZN ALLOY OBTAINED BY UNIDIRECTIONAL SOLIDIFICATION

ABSTRACT: The objective of this work is to analyze whether the macrostructure resulting from unidirectional solidification influences the electrical behavior of the Al-6% Zn alloy. The mechanical and electrical behavior of industrialized products often means giving guarantees of durability and strength in the most varied applications of efforts and robustness of chemical composition. Electrical behavior is crucial for certain technological applications of aluminum and its alloys. The standardized conductivity test, technical standard ASTM B193 - 02 (2014), used in this work is adopted industrially. The method of comparing the results with the table of resistivity of the materials was adopted to analyze the results. The results show that the macrostructure resulting from solidification do not influence the conductivity and electrical resistivity of the studied alloy.

KEYWORDS: Solidification, aluminum alloy, macrostructure, conductivity and electrical resistivity.

1 | INTRODUÇÃO

Aplicações específicas forçam o desenvolvimento de ligas de alumínio, assim novas ligas são desenvolvidas constantemente, cada uma combinada com um material diferente, combinação apropriada de propriedades na busca de características desejadas, um dos principais objetivos é mexer com a resistência mecânica e tentar manter todas as outras propriedades.

A indústria se utiliza de diversos processos e associa o alumínio a outros metais de engenharia, como o cobre, o silício, o ferro, o zinco e o manganês, para gerar as chamadas ligas. De acordo com os elementos associados, as ligas possuem vantagens e desvantagens sobre o alumínio puro, como maior resistência mecânica, menor resistência à corrosão, maior fluidez no preenchimento de moldes etc. (HATCH, 1993; ASM Handbook, 1990) apud (SILVA, 2017)

O processo de fundição, por exemplo, desde o aquecimento dos materiais, assim como a temperatura a ser atingida e sua manutenção para a associação com outros metais e o seu resfriamento direcionado pode interferir em diversas propriedades mecânicas do produto e inclusive na condutividade elétrica do material de liga produzido.

Dentre as várias possibilidades de processamento para a obtenção dessas ligas, o processo de solidificação é mais uma etapa na busca do controle da composição química das ligas e a estrutura de grãos, sendo a solidificação unidirecional o processo utilizado na aquisição do lingote produzido para este trabalho. A etapa de resfriamento da homogeneização também é de grande importância, pois a taxa de resfriamento controla a precipitação dos elementos de liga que estão em solução sólida (SILVA, 2017).

Em função de trabalhos e estudos já desenvolvidos, sabe-se que o controle das variáveis térmicas de solidificação definirá as características do produto final, tais como

resistência mecânica. (Nascimento et al., 2017; Nascimento et al., 2018; Nascimento et al., 2019; Santos et al., 2017)

A etapa de manutenção da temperatura e resfriamento também são de grande importância, pois controlam a possibilidade de solução do material adicionado, e também podem ajudar na difusão e na precipitação dos elementos de liga que estão em solução.

Dentre as ligas de fundição as ligas fundidas de alumínio são as mais versáteis (ASM HANDBOOK, 1992) apud (NASCIMENTO, 2017). O alumínio tem massa específica de 2,7 g/cm³, fator que contribui com sua popularidade entre os metais não ferrosos (SHACKELFORD, 2008) apud (NASCIMENTO, 2017). O alumínio e todas as suas propriedades mecânicas, com tal massa específica, resultam em produtos que podem ser considerados leves em comparação com os mais diversos produtos metálicos apud (SILVA, 2017).

Dentre as muitas propriedades físicas da matéria, suas propriedades elétricas são estritamente importantes tanto do ponto de vista acadêmico, para o entendimento do comportamento fundamental da matéria, quanto do ponto de vista tecnológico, para o desenvolvimento destinado a obtenção e caracterização de novos materiais (GIROTTO e SANTOS, 2001) apud (SILVA, 2017).

A condutividade, resistência e potencial elétrico de produtos que na indústria ainda podem ser considerados matéria prima, tem grande importância nas aplicações comerciais de produtos finais, fabricados com diversos materiais metálicos, aí se incluem o alumínio e suas ligas, que no uso final podem ter contato com ácidos, água potável, água salgada, alimentos, líquidos refrigerantes, outras soluções aquosas eletrolíticas etc., que podem ter ou adquirir potencial elétrico diferente, e assim trocar elétrons espontaneamente, processo de oxirredução ou de corrosão galvânica, com estes materiais, depositando material contaminante ou retirando dele partes específicas de sua composição química final. Corrosão Galvânica consiste no o mecanismo geral da corrosão, que é conduzido pela formação de pilhas eletroquímicas. Um quadro geral da corrosão que tem como mecanismo o contato elétrico entre dois metais de potenciais eletroquímicos diferentes imersos em um mesmo eletrólito, metais de igual potencial imersos em eletrólitos diferentes ou ainda de metais diferentes em eletrólitos diferentes. A corrosão galvânica é um processo eletroquímico em que um metal sofre corrosão preferencialmente em relação a outro quando os dois metais estão em contato elétrico e imersos em um eletrólito. Esta mesma reação galvânica é explorada em baterias primárias (como as vulgarmente chamadas de pilhas) para gerar uma tensão. A corrosão galvânica e seus processos podem ser uma das formas mais comuns e frequentes de corrosão na natureza, bem como um dos mais destrutivas. (SCIETIA, 2019)

Silva (2017) afirma que há uma boa relação linear entre a condutividade elétrica e as propriedades mecânicas, para situações específicas.

Santos (2017) produziu em laboratório apropriado, onde se pode controlar as taxas de resfriamento, a liga Al-6,0Zn (% em massa) que foi solidificada em um sistema ascendente sob condições não-estacionárias de fluxo de calor, e afirma: Constata-se que o espaçamento dendrítico primário diminui com o aumento da velocidade de deslocamento da isoterma *liquidus* e da taxa de resfriamento. Em ambos casos o arranjo dendrítico mais refinado apresenta maior resistência mecânica. O resultado desse trabalho demonstra que, para espaçamentos dendríticos menores, há o aumento da resistência mecânica.

O cobre em 1913 tornou-se o padrão de condutibilidade, definindo-se a condutibilidade em 100% de cobre recozido, que em inglês é denominado “International Annealed Copper Standard” (I.A.C.S.), Padrão Internacional do Cobre Recozido. A resistividade do cobre adotada como padrão vale $0,01723 \cdot 10^{-8} \Omega/m$ e sua condutividade $58,1 \text{ S.m/mm}^2$. (NDE, 2019)

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A liga de alumínio Al-6%Zn, com percentuais em massa, ensaiada foi assim produzida: A solidificação unidirecional ascendente consiste em solidificar um metal fundido com resfriamento da superfície inferior do molde, promovendo uma solidificação da base para o topo do molde, sendo necessário um bom isolamento térmico nas laterais e parte superior, de modo a evitar a extração de calor pelas paredes do molde e, assim, impedir a nucleação de cristais nessa região. Essa forma de solidificação permite minimizar os efeitos de convecção no metal líquido (SIQUEIRA *et al.*, 2002) apud Teram, 2019.

Na figura 1 é mostrada uma esquematização do dispositivo de solidificação unidirecional ascendente. (SANTOS, 2009)

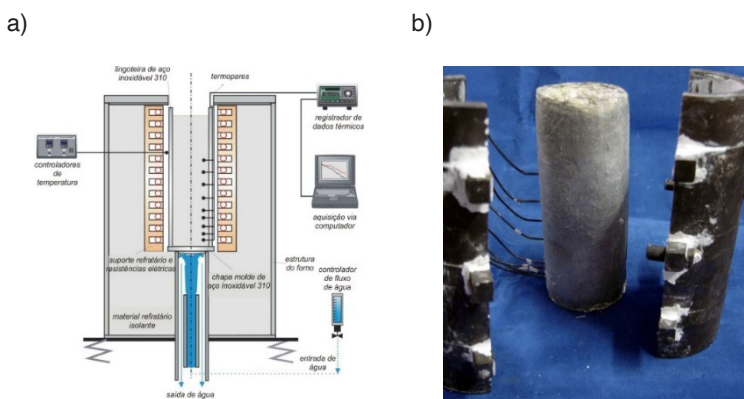


Figura 1 – Em a) esquema do dispositivo de solidificação unidirecional ascendente, controle do resfriamento e aquisição de dados; e em b) o material obtido experimentalmente deste dispositivo.

Na figura 2 é mostrado o material produzido experimentalmente. Esse material foi solidificado unidirecionalmente na forma vertical ascendente em molde como já descrito neste trabalho, e vazado com superaquecimento de 10°C. Observa-se a ocorrência de estrutura predominantemente colunar e o surgimento de uma estrutura equiaxial no fim do lingote da liga Al-6%Zn.



Figura 2 – Macroestrutura da liga Al-6%Zn (aumento de 1x).

Durante o processo de solidificação, o calor foi direcionalmente extraído através de um molde refrigerado a água feito de aço (SAE 1020). Para poder observar correlações entre a microestrutura, variáveis térmicas de solidificação e propriedades mecânicas da liga fundidas. Os resultados mostraram que taxa de resfriamento determina espaçamentos dendríticos primários que melhoram o limite de resistência à tração ($\sigma_{m\acute{a}x.}$) e limite de escoamento (σ_e) em função das condições de solidificação impostas pelo sistema metal/molde. Constata-se que o espaçamento dendrítico primário diminui com o aumento da velocidade de deslocamento da isoterma *liquidus* e da taxa de resfriamento. O sistema de resfriamento provocou um arranjo dendrítico mais refinado que apresenta maior resistência mecânica (SANTOS, 2009).

A resistência elétrica de um material é uma grandeza física que expressa o impedimento sofrido pelos portadores de carga, de se desligarem do núcleo do átomo de um determinado material, e partirem para o movimento ordenado, sujeitos a uma pressão elétrica, ao percorrerem de um ponto a outro de um corpo, a resistência pode ser encontrada sendo ela dependente das dimensões deste corpo e do material de que é constituído. A resistividade, por outro lado, também é uma grandeza dependente de impedimento sofrido por portadores de carga, porém é uma propriedade intrínseca da matéria, sendo independente das dimensões do corpo estudado.

Podemos definir a resistência elétrica entre dois pontos quaisquer de um material aplicando uma tensão entre estes dois pontos e medindo a corrente elétrica que flui no interior dele. A resistência do material será dada pela equação 1 – Lei de Ohm.

$$R = \frac{U}{I} \quad (1)$$

Em que R = resistência elétrica, em Ohm; U = tensão elétrica, em Volt; e I = intensidade da corrente elétrica, em Ampére.

Na figura 3 é mostrado um esquema de um material condutor de dimensões W , L e t .

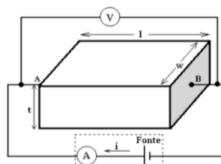


Figura 3 - V = Voltímetro e A = Amperímetro, instrumentos em atuação, medindo tensão elétrica e corrente elétrica, Fonte = Fonte ideal de Tensão e Corrente elétrica.

Podemos definir a condutividade elétrica como sendo o inverso da resistividade, conforme Equação 2.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (2)$$

Em que σ = Condutividade elétrica, em Siemens; e ρ = Resistividade elétrica, em Ohm.metro.

De forma respectiva, a definição matemática da resistividade e a da resistência podem ser:

$$\rho = \frac{R A}{l} \quad (3)$$

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad (4)$$

Em que:

R = Resistência elétrica, em Ω .

ρ = Resistividade elétrica do material, em ohm.m.

A = Área da seção transversal do condutor, em m^2 .

l = Comprimento do condutor, em m.

A unidade no Sistema Internacional para a resistência elétrica R, é o V/A ou ohm (Ω), e para a resistividade elétrica, é o ohm.m ou ($\Omega.m$), a Tensão elétrica U é o Volt (V) e para a corrente elétrica i o ampère (A).

As medições foram realizadas nos corpos de prova apresentados no laboratório da Termomecanica São Paulo S.A., conforme norma ASTM B193 – 02 (2014) Standard Test Method for Resistivity of Electrical Conductor Materials.

Na Equação 5 está representada a formulação para a medição da resistência elétrica.

$$R_{\text{amostra}} = S \cdot \Omega \cdot f / L \text{ (mm}^2 \cdot \Omega / \text{m)} \quad (5)$$

Em que:

S = área da amostra, em mm^2 .

Ω = resistência medida em ohms.

f = fator de temperatura, 1 a 20 °C.

L = comprimento da amostra a ser medida, em m.

O corpo de prova de Al-6%Zn foi submetido ao teste por um um condutivímetro apresentado na Figura 4.



Figura 4 – Equipamento de laboratório da Termomecanica e corpos de prova. A amostra de Al-6%Zn foi ensaiada pelo equipamento eletrônico cujos dados de saída são os valores da condutividade em I.A.C.S. Fonte: autor, 2019.

Na Figura 5 é destacado o condutivímetro e sua placa de calibragem padrão para a temperatura do local do ensaio. O equipamento que realmente produziu os resultados apresentados neste trabalho foi o equipamento digital, o instrumento e sua placa padrão de calibragem para uma determinada temperatura e o material examinado, as leituras de condutividade em porcentagem da condutividade do cobre I.A.C.S, foram realizadas da base da peça para a parte superior da mesma, a extremidade debaixo corresponde ao aparelho de pé.



Figura 5 – O Condutivímetro, corpo de prova e sua placa padrão de calibragem. Fonte: autor, 2019.

Para a medir a % em IACS (International Annealed Copper Standard), utilizamos o aparelho de medição de condutividade elétrica DC 10 da Termomecanica São Paulo S.A.

O ensaio de condutividade elétrica ocorreu no laboratório da empresa Termomecanica, regido segundo a norma técnica ASTM B193 – 02 (2014) Standard Test Method For Resistivity Of Electrical Conductor Materials, onde o ambiente controlado, em acesso, em temperatura e segurança próprios para ensaios e contando ainda com a expertise de laboratoristas em materiais comerciais produzidos pela empresa, promoveu o ensaio e a coleta dos dados. A temperatura ambiente registrada pelo equipamento que realizou o ensaio é de 22° Celsius que foi calibrada pelo padrão visto ao lado do instrumento (Figura 5).

O processo de medição define o resultado em % da relação entre a resistividade da amostra (corpo de prova) e a resistividade do padrão de cobre, resultando a seguinte formulação:

$$\text{IACS \%} = R_{\text{amostra}} / R_{\text{cobre}} \quad (6)$$

Em que R_{amostra} = Resistividade da amostra, em $\Omega \cdot \text{M}$; R_{cobre} = Resistividade do cobre, em $\Omega \cdot \text{m}$; e IACS % = condutividade elétrica a 20 °C.

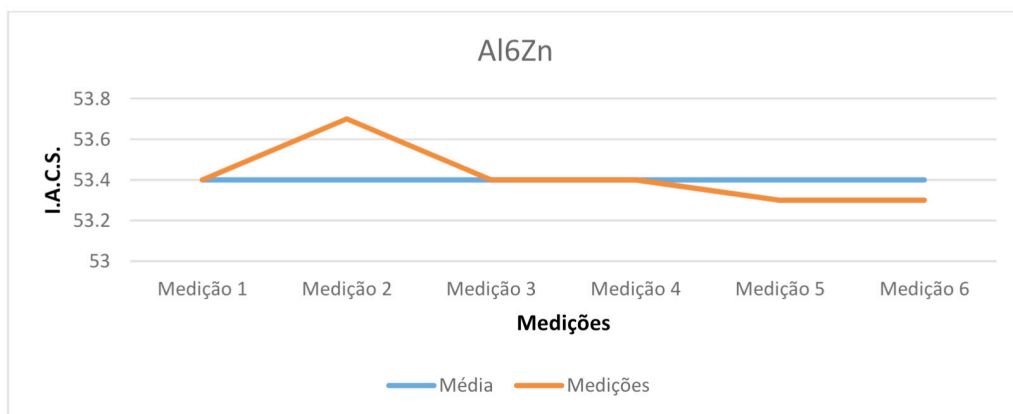
3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 1 são mostrados os resultados das medições de condutividade elétrica realizadas na liga Al-6%Zn, desde a região mais próxima à extração de calor (medição 1) até a parte final (próxima ao rechupe), em que a macroestrutura já não é mais colunar e sim equiaxial.

Amostra	Resultados	Observações
Al6Zn	53,4 % I.A.C.S.	O resultado reportado é a média de 7 medições Medição 1 (interface de resfriamento) = 53,4 % IACS Medição 2 = 53,7 % IACS Medição 3 = 53,4 % IACS Medição 4 = 53,4 % IACS Medição 5 = 53,3 % IACS Medição 6 (próximo ao rechupe) = 53,3 % IACS

Tabela 1 – Resultados de condutividade elétrica da liga Al6Zn em diferentes posições no lingote.

Na Figura 6 está representado o gráfico que correlaciona as medições em diferentes posições com as respectivas condutividades elétricas em %IACS, em porcentagem da condução do cobre recozido.



Por meio de análise dos resultados apresentados na tabela 1 e na Figura 6, nota-se que a variação da condutividade elétrica da liga Al-6%Zn é mínima, variando de 53,3%IACS (região do rechupe, que é equiaxial) a 53,7%IACS (região mais próxima da base de extração de calor, que é colunar). Ou seja, a macroestrutura resultante do processo de solidificação, seja ela colunar ou equiaxial, praticamente não interfere na condutividade elétrica da liga Al-6%Zn.

Nos metais a adição de impurezas, em geral aumenta a resistividade elétrica destes materiais, exceto a prata em alguns casos, como o cobre quando ligado com alguma porcentagem de prata a condutância é melhorada. (FERNANDES, 2010). Na liga estudada, a resistividade do alumínio foi alterada para um aumento da resistência elétrica, a condutividade diminuiu, quando comparada com a do alumínio puro que fica em 62% da condutividade do cobre em IACS.

Em geral, o teor de elementos de liga altera os valores de condutividade e de resistividade, pois alteram a rede cristalina com tamanhos diferentes de átomos. Desta maneira, os átomos estranhos ao metal puro alteram a resistividade do metal (SILVA, 2006). O espalhamento dos elétrons pelos átomos dos materiais citados parece que contribuíram para a alteração da condutividade elétrica.

Um ponto positivo em termos de aplicações tecnológicas é que a inserção de zinco no alumínio possibilita ganho de resistência mecânica após o processo de solidificação e, além disso, faz com que o material entre no seletivo grupo das ligas de alumínio que podem ter incremento de resistência mecânica e dureza por meio de tratamentos térmicos.

4 | CONCLUSÕES

Os estudos em literatura específica GARCIA (2007) e ensaio realizado em corpo de prova produzido por SANTOS (2009), indicam que o controle da fundição de ligas de alumínio e solidificadas em um sistema ascendente de fluxo de calor, sob condições não estacionárias com o calor extraído unidirecionalmente através de uma base de aço refrigerada a água, proporcionam estruturas que favorecem e melhoram as propriedades mecânicas. É observado na amostra ensaiada a zona colunar na base do lingote e predominando no material, e a estrutura equiaxial na parte superior, próximo ao rechupe. Os ensaios com o condutivímetro abrangeram estas duas regiões e os resultados das medições foram bem próximos, dos quais concluímos que não há diferença significativa de condutividade entre as regiões colunar e equiaxial.

As propriedades elétricas, por sua vez, são alteradas sim, mas pela nova formação da composição química dos produtos acabados. A influência na resistividade elétrica será modificada de acordo com a concentração que a nova liga terá em sua composição final. A observação aos resultados obtidos de forma experimental, também mostra que a composição química do material agregado ao alumínio influencia de maneira direta na resistividade do material resultante.

Na liga Al-6%Zn ocorreu uma mudança em relação ao alumínio puro, o aumento da resistividade aparece na análise: houve a diminuição da condutividade elétrica do material produzido com o alumínio ligado ao zinco.

O aparente prejuízo em relação a condutividade elétrica, pode ser compensado, em alguns casos pode ser interessante se analisado sob outros aspectos e aplicações, e

devido a melhora das características mecânicas, os materiais ligados podem ter um custo final menor que o alumínio puro e com isso beneficiar algumas aplicações de produtos no mercado industrial, e inclusive diminuir os custos na obtenção de produto final e preços ao consumidor.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Termomecânica São Paulo S. A. e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) pela parceria no desenvolvimento de pesquisas em solidificações de materiais, e ao apoio fornecido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

Garcia, Amauri. *Solidificação: Fundamentos e Aplicações* / Amauri Garcia. - 2ª edição - Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2007.

NASCIMENTO, M. S. *et al.* Correlação entre variáveis térmicas de solidificação, microestrutura e resistência mecânica da liga Al-10%Si-2%Cu. **Matéria (Rio de Janeiro)**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, e11774, 2017. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762017000100403&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 07 maio 2020. Epub 06-Abr-2017. <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620170001.0106>.

NASCIMENTO, M. S. *et al.* An Experimental Study of the Solidification Thermal Parameters Influence upon Microstructure and Mechanical Properties of Al-Si-Cu Alloys. **Materials Research**, São Carlos, v. 21, n. 5, e20170864, 2018. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2017-0864>.

NASCIMENTO, M. S.; SANTOS, G. A.; TERAM, R.; SANTOS, V. T.; SILVA, M. R.; COUTO, A. A. Effects of Thermal Variables of Solidification on the Microstructure, Hardness, and Microhardness of Cu-Al-Ni-Fe Alloys. **Materials**, 2019, 12 (8), 1267. <https://doi.org/10.3390/ma12081267>.

NDT Resource Center. The International Annealed Copper Standard, acessado em 22/01/2020, disponível em: <https://www.nde-ed.org/GeneralResources/IACS/IACS.htm>

SANTOS, G. A. **Tecnologia dos materiais metálicos: propriedades, estruturas e processos de obtenção**. São Paulo: Editora Érica, 2015.

SANTOS, G. A.; GOULART, P. R.; COUTO, A. A.; GARCIA, A. Primary Dendrite Arm Spacing Effects upon Mechanical Properties of an Al 3wt%Cu 1wt%Li Alloy. In: Andreas Ochsner; Holm Altenbach. (Org.). **Advanced Structured Materials**. 1 ed. Singapore: Springer Singapore, v. 33, p. 215-229, 2017. https://doi.org/10.1007/978-981-10-1602-8_19

SANTOS, V. T. **Correlação entre as variáveis térmicas de solidificação, microestrutura, microdureza e dureza da liga bronze alumínio níquel – CuAl10Ni5Fe5**. 2017. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, São Paulo, 2017.

Santos, Givanildo Alves dos. Correlação entre Variáveis Térmicas de Solidificação, Microestrutura e Comportamento Mecânico de Ligas Al-Zn e Al-Cu-Li / Givanildo Alves dos Santos - São José dos Campos, SP ,2009.

Santos, Givanildo Alves dos. Correlação entre as Variáveis Térmicas de Solidificação, Microestrutura, Microdureza e Dureza da Liga Bronze Alumínio Níquel – CU-10AL-5NI-5FE / Givanildo Alves dos Santos - São José dos Campos, SP ,2017.

Scientia, Corrosão Galvânica, acessado em 22/01/2020, disponível em: <https://sites.google.com/site/scientiaestpotentiaplus/corrosao/corrosao-galvanica>

Silva, Aline da. Efeito das Taxas de Resfriamento nas Propriedades Mecânicas e Elétricas da Liga AA2024 / Aline da Silva. Itajubá, 2017.

Silva, Luis carlos Elias da. Estudos do Desenvolvimento e Caracterização das Ligas CuNiPt e CuNiSn para Fins Eléto - Eletrônicos, São Paulo, 2006, acessado em 16/04/2020, disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-31052007-153314/publico/LuisCEdaSilva.pdf>

Teram, Rogério. Influência das variáveis térmicas de solidificação na microestrutura e dureza da liga Cu-14Al-5Ni-5Fe / Rogério Teram. São Paulo: [s.n.], 2019.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acuidade Sensorial 226, 228, 229

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

Análise Sensorial 226, 227, 228, 229, 230

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

Arquitetura 69, 127, 134, 135

Asprocivil 151, 168, 169, 179

B

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

C

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

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

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

Contrafações 190, 193, 197, 198

D

Desenvolvimento Local 113, 114, 115, 124, 126

Dispersão Dielétrica 82

Drones 75, 76, 80, 81

E

Econometria Espacial 200

Economia Imobiliária 200

Embarcados 75, 77, 78, 79, 80

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

F

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

G

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

I

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

Inovação 75, 76, 80, 81, 199

L

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

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

M

Macroestrutura 11, 19

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

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

P

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

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

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

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

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

Propriedade Intelectual 190, 193, 198, 199

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

R

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

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

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

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

RPAS 75, 76, 77, 80

Rugosidade 67

S

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

Seleção de Assessores 226

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

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

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

T

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

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

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

Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias 3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias 3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 