

Impactos das Tecnologias na Engenharia de Materiais e Metalúrgica 2

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

Impactos das Tecnologias na Engenharia de Materiais e Metalúrgica 2

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – 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 Internazionale 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 Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

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. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

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. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. 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. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Secconal Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
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. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
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
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/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. Lilian 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. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
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. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
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: Camila Alves de Cremo
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)

I34 Impactos das tecnologias na engenharia de materiais e metalúrgica 2 / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-731-4

DOI 10.22533/at.ed.314211901

1. Metalurgia. 2. Engenharia de Materiais e Metalúrgica. 3. Tecnologias. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Título.

CDD 669

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

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; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

No atual cenário mundial, onde se exige cada vez mais competitividade empresarial, buscar a redução de custos aliadas e a melhoria de qualidade é quase que uma exigência para se manter ativo no mercado. Desta forma a multidisciplinaridade é quase que obrigatória aos profissionais das áreas de engenharia, transitando entre conceito e prática, 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 contínua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril.

Destaca-se a apresentação das áreas da engenharia de materiais com o desenvolvimento e melhoria de produtos já existentes ou de novos produtos. De abordagem objetiva e prática 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

ESTUDO DA CORROSÃO DE AÇO CARBONO EM DIFERENTES MEIOS E O TRATAMENTO POR ELETRÓLISE

Matheus Assumpção Ventura
Lorrana Marchon Silva das Neves
Marlon Demaur Cozine Silva

DOI 10.22533/at.ed.3142119011

CAPÍTULO 2..... 10

CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS TÉRMICAS DE SOLIDIFICAÇÃO COM DUREZA E MICROESTRUTURA DO LATÃO $\alpha + \beta$ CU- 42% ZN

Paulo Kazuto Suyama Junior
Givanildo Alves dos Santos
Francisco Yastami Nakamoto
Márcio Rodrigues da Silva
Vinicius Torres dos Santos
Antonio Tadeu Rogerio Franco
Maurício Silva Nascimento
Antonio Augusto Couto

DOI 10.22533/at.ed.3142119012

CAPÍTULO 3..... 19

ANÁLISE DE LIGAS DE COBRE E A INFLUÊNCIA DA INSERÇÃO DE NIÓBIO: UMA REVISÃO

Anderson do Bomfim Gonzaga
Eduardo Palmeira da Silva
Rogério Teram
Maurício Silva Nascimento
Vinicius Torres dos Santos
Márcio Rodrigues da Silva
Antonio Augusto Couto
Givanildo Alves dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.3142119013

CAPÍTULO 4..... 27

FABRICAÇÃO DE REVESTIMENTO SUPER-HIDROFÓBICO EM LIGA DE ALUMÍNIO 5052 E AVALIAÇÃO DA PROPRIEDADE DE AUTOLIMPEZA

Wagner Daniel Oliveira de Araújo
Rafael Gleymir Casanova da Silva
Maria Isabel Collasius Malta
Magda Rosângela Santos Vieira
Severino Leopoldino Urtiga Filho

DOI 10.22533/at.ed.3142119014

CAPÍTULO 5..... 37

COMPORTAMENTO MECÂNICO EM TRAÇÃO E IMPACTO DE COMPÓSITOS DE

MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADOS COM FIBRAS DE TIMBÓ-AÇU

José Maria Braga Pinto
Douglas Santos Silva
Roberto Tetsuo Fujiyama

DOI 10.22533/at.ed.3142119015

CAPÍTULO 6..... 49

ROADMAP PROPOSAL: PCB AND NANOFIBERS AS STRATEGY FOR INCREASING PROCESS INTENSIFICATION

Ana Neilde Rodrigues da Silva
Neemias de Macedo Ferreira
Maria Lúcia Pereira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.3142119016

CAPÍTULO 7..... 62

CERÂMICA COM ADIÇÃO DE RESÍDUO SÓLIDO: AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO APÓS FORMAÇÃO DE EFLORESCÊNCIA

Thayane Pereira da Silva
Elias Fagury Neto
Adriano Alves Rabelo

DOI 10.22533/at.ed.3142119017

CAPÍTULO 8..... 71

SÍNTESE DE CERÂMICAS BIFÁSICAS DE FOSFATOS DE CÁLCIO PELO MÉTODO PECHINI

Geysivana Késsya Garcia Carvalho
José Rosa de Souza Farias
Veruska do Nascimento Simões
Aluska do Nascimento Simões Braga

DOI 10.22533/at.ed.3142119018

CAPÍTULO 9..... 82

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DO ALUMINATO DE ESTRÔNCIO DOPADO COM TÉRPIO ATRAVÉS DO MÉTODO DE POLIMERIZAÇÃO POR EMULSÃO REVERSA E A INFLUÊNCIA DO PH NO POLIMORFISMO

Talyta Silva Prado
Paulo Neilson Marques dos Anjos

DOI 10.22533/at.ed.3142119019

CAPÍTULO 10..... 97

ESTUDO DA ÁREA SUPERFICIAL DA PALIGORSKITA: REVISÃO

Gilsiane Costa Spíndola
Érico Rodrigues Gomes
Gilvan Moreira da Paz
Jaciel Cleison Pereira dos Santos
Herivelton de Araujo Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.31421190110

CAPÍTULO 11	107
USO DE PÓ DE ROCHAS SILICÁTICAS COMO FONTE DE NUTRIENTES PARA SOLOS DA AGRICULTURA: REVISÃO	
Vanessa Ribeiro Castro	
Leandro Josuel da Costa Santos	
Érico Rodrigues Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.31421190111	
CAPÍTULO 12	119
A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO RENDIMENTO EM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS COMERCIAIS – REVISÃO	
Gustavo Neves Margarido	
Federico Bernardino Morante Trigoso	
Carlos Frajuca	
DOI 10.22533/at.ed.31421190112	
CAPÍTULO 13	122
BIOMATERIAIS COMO PRECURSORES DE CARBONOS POROSOS ATIVADOS PARA APLICAÇÃO EM SUPERCAPACITORES – REVISÃO	
Alexandre da Silva Sales	
Érico Rodrigues Gomes	
Gilvan Moreira da Paz	
DOI 10.22533/at.ed.31421190113	
CAPÍTULO 14	135
TRANSISTOR DE FILME FINO ORGÂNICO <i>BOTTOM GATE – BOTTOM CONTACT</i> PARA ANÁLISE DE QUALIDADE DA ÁGUA	
José Enrique Eirez Izquierdo	
Marco Roberto Cavallari	
Dennis Cabrera García	
Loren Mora Pastrana	
Marcelo Goncalves Honnicke	
Fernando Josepetti Fonseca	
DOI 10.22533/at.ed.31421190114	
SOBRE O ORGANIZADOR	148
ÍNDICE REMISSIVO	149

CAPÍTULO 2

CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS TÉRMICAS DE SOLIDIFICAÇÃO COM DUREZA E MICROESTRUTURA DO LATÃO $\alpha + \beta$ CU- 42% ZN

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 06/11/2020

Paulo Kazuto Suyama Junior

Instituto Federal de Educação, Ciências e
Tecnologia de São Paulo
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/2458163713497981>

Givanildo Alves dos Santos

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

Francisco Yastami Nakamoto

Instituto Federal de Educação, Ciências e
Tecnologia de São Paulo
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/1314950090980188>

Márcio Rodrigues da Silva

Termomecânica São Paulo SA
São Bernardo do Campo – SP
<http://lattes.cnpq.br/8275374225297308>

Vinicius Torres dos Santos

Termomecânica São Paulo AS
Universidade Presbiteriana Mackenzie
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/5999855342195422>

Antonio Tadeu Rogerio Franco

Instituto Federal de Educação, Ciências e
Tecnologia de São Paulo
São Paulo - SP
<http://lattes.cnpq.br/0574745181552046>

Maurício Silva Nascimento

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

Antonio Augusto Couto

Universidade Presbiteriana Mackenzie
<http://lattes.cnpq.br/2893737202813850>

RESUMO: Este estudo tem o propósito de avaliar a influência das variáveis térmicas de solidificação na liga de latão α - β Cu-42%Zn correlacionando com a microestrutura e a propriedade mecânica obtida após a formação da peça. As variáveis térmicas de solidificação são representadas pela taxa de resfriamento e a velocidade da isoterma *liquidus*. Para obtenção destas variáveis, utilizou-se um dispositivo de solidificação unidirecional ascendente sob condições não estacionários de fluxo de calor, sendo que a extração de calor é feita por meio de uma base de grafite do fabricante Toyo Tanso série IG11 refrigerada à água. Para caracterização microestrutural, utilizou-se microscopia óptica onde avaliou-se a fração volumétrica da fase β por meio do software Metalográfico MDA Electron. A propriedade mecânica foi avaliada por meio do ensaio de dureza na escala Brinell em toda extensão longitudinal da peça solidificada. O resultado deste trabalho demonstra que a fração volumétrica da fase β e a dureza reduzem com o decréscimo da taxa de resfriamento e com a velocidade de deslocamento da isoterma *liquidus*.
PALAVRAS-CHAVE: Latão Cu-42%Zn,

CORRELATION BETWEEN THERMAL VARIABLES OF SOLIDIFICATION WITH HARDNESS AND MICROSTRUCTURE OF BRASS $\alpha + \beta$ CU- 42% ZN

ABSTRACT: This paper has the purpose of evaluating the influence of thermal solidification variables on the brass alloy α - β Cu-42% Zn correlating with the microstructure and the mechanical properties obtained after the workpiece formation. The solidification thermal variables are represented by the cooling rate and the liquidus isotherm velocity. To obtain these variables, an upward unidirectional solidification device was used under non-stationary heat flow conditions, and the heat extraction was carried out by means of a graphite base from the manufacturer Toyo Tanso IG11 water-cooled series. For microstructural characterization, optical microscopy was used where the volumetric fraction of the β phase was evaluated by means of the software Metalografic MDA Electron. The mechanical properties were evaluated by means of the Brinell hardness test in all longitudinal extensions of the solidified part. The result of this paper demonstrates that the volumetric fraction of the β phase and the hardness reduce with the decrease of the cooling rate and with the velocity of the liquidus isotherm.

KEYWORDS: Brass Cu-42% Zn, Solidification, Microstructure, Hardness.

1 | INTRODUÇÃO

O cobre tem número atômico 29, massa molecular de 63,54 e estrutura cristalina cúbica de face centrada (CFC). É um elemento de transição e, por ser um metal nobre, conta com propriedades semelhantes às da prata e do ouro. Sua excelente condutividade, maleabilidade e resistência à corrosão derivam da origem elementar do cobre, e sua densidade é de 8,89 g/cm³ (0,321 lb/pol³). Seu ponto de fusão está na ordem de 1083°C (Mendenhall, 1986 apud Santos et al.,2018).

O cobre e suas ligas constituem um dos principais grupos de metais comerciais, os quais vêm sendo amplamente utilizados na indústria, devido à sua excelente condutividade elétrica e térmica, além de elevada resistência à corrosão. O cobre comercialmente puro é muito utilizado para fabricação de fios e cabos, contatos elétricos, e vários outros componentes condutores de energia elétrica. O cobre ligado a outros elementos forma ligas, como os latões binários, os quais são formados pela adição de Zinco no Cobre, expandindo o campo de aplicação do cobre (ASM, 1992).

Na tabela 1 a seguir é possível notar as composições químicas das principais ligas de latão binárias comercialmente utilizadas na fabricação de chapas laminadas direcionadas para fabricação de peças obtidas por processo de conformação mecânica.

	Elementos (%p)			
	Cu	Pb	Fe	Zn
UNS C23000	84,0 a 86,0	0,05 máx	0,05 máx	
UNS C26000	68,5 a 71,5	0,05 máx	0,05 máx	
UNS C26800	64,0 a 68,5	0,09 máx	0,05 máx	Restante
UNS C27200	62,0 a 65,0	0,07 máx	0,07 máx	
UNS C28000	59,0 a 63,0	0,09 máx	0,07 máx	

Tabela 1 - Principais ligas de latão binários comercialmente utilizadas (ASTM, B36).

O diagrama de fase do sistema Cu-Zn ilustrado a seguir mostra a presença das fases em função do percentual de Zinco. Pode-se notar que percentuais acima de aproximadamente 39% tem-se a presença da fase β , a qual é representada morfologicamente por precipitados e estes apresentam estrutura cristalina cúbica de corpo centrado.

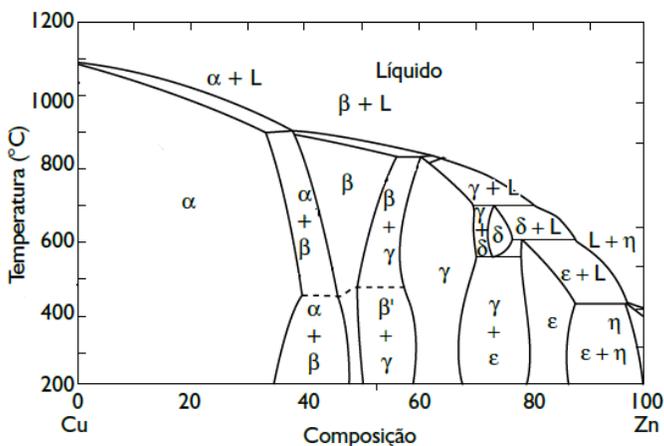


Figura 1 - Diagrama de fase do sistema Cu-Zn (Adaptado Rowley, 1984)

A figura 2 a seguir ilustra uma microestrutura referente a um latão α , representado por uma composição química na proporção nominal de 70% de Cobre e 30% de Zinco e uma microestrutura referente a um latão $\alpha + \beta$, representado por uma composição química na proporção nominal de 60% de Cobre e 40% de Zinco.

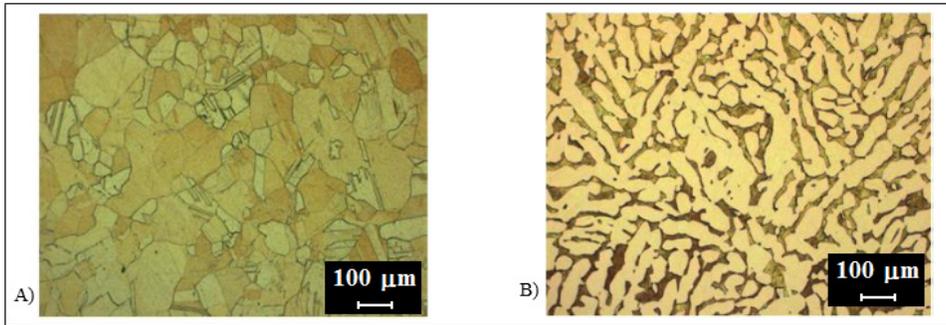


Figura 2 – (A) Microestrutura do latão α Cu-Zn30% tratado termicamente; (B) Microestrutura do latão $\alpha + \beta$ Cu-Zn40% tratado termicamente (Adaptado de Silva & Machado, 2015).

Um estudo feito por Mateso et al. (2006) na correlação das condições de solidificação com as propriedades mecânicas e metalúrgicas do latão $\alpha + \beta$ Cu-Zn40% utilizando aparato experimental de solidificação unidirecional demonstrou que os valores de dureza são maiores em posições mais próximas da base de resfriamento, a qual neste estudo, utilizou-se uma interface de cobre refrigerada à água.

Neste estudo, utilizou-se um percentual de Zinco na ordem de 42% vislumbrando o entendimento do desempenho térmico de latões com uma menor quantidade de cobre possível, haja visto que no campo industrial a busca por materiais com o custo inferior é cada vez mais intensa. Tendo em vista o processo de fundição das indústrias de transformação de metais não ferrosos de cobre e suas ligas onde utilizam-se moldes de grafite para o processo de solidificação, este estudo selecionou um grafite do fabricante Toyo Tanso série IG11 como sendo o responsável pela transferência de calor no sistema de solidificação.

Em suma, o objetivo deste trabalho é fundir o latão $\alpha + \beta$ Cu-Zn42% em um dispositivo unidirecional ascendente utilizando como interface uma base de grafite para verificar o comportamento térmico e dinâmico das temperaturas do metal, possibilitando a determinação de algumas correlações entre variáveis térmicas, microestrutura e dureza.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados neste estudo no processo de fundição para posterior solidificação são amostras de latão UNS C26000 (70/30) com adição de Zinco SHG para formar a composição desejada (58% de Cobre e 42% de Zinco). A tabela 2 a seguir descreve os percentuais encontrados de cada elemento após o processo de fundição avaliados por meio de espectrometria fluorescente de raio x em um equipamento da MAGIX FAST.

	Elementos (%p)			
	Cu	Zn	Impurezas	
Composição utilizada no estudo			Fe - 0,02	Pb - 0,02
			Si - 0,001	Mn - 0,001
			P - 0,002	Bi - 0,003
			Sn - 0,001	Ni - 0,004
			Al - 0,001	

Tabela 2 – Percentuais dos elementos químicos encontrados na análise por espectrometria de raio x.

2.1 Métodos

O principal aparato experimental é o forno elétrico de solidificação direcionada composto por um sistema de resistências elétricas de alta potência (12 kW) dispostas de forma circular, e na base inferior central do forno, está disposto um sistema de refrigeração a água utilizado na solidificação direcionada (Fig. 3-A). O sistema de solidificação direcionada é composto de um tubo, que serve ao mesmo tempo de base para o disco de grafite do fabricante Toyo Tanso série IG11, a qual é resfriada pela água. Em cima da base é inserido um tubo de aço inoxidável 310 com acesso de termopares tipo K, os quais são ligados a um registrador responsável pela extração dos dados térmicos coletados pelos termopares durante a solidificação (Fig. 3-B). Com a utilização de computador, extrai-se e armazenam-se os dados coletados durante a solidificação.

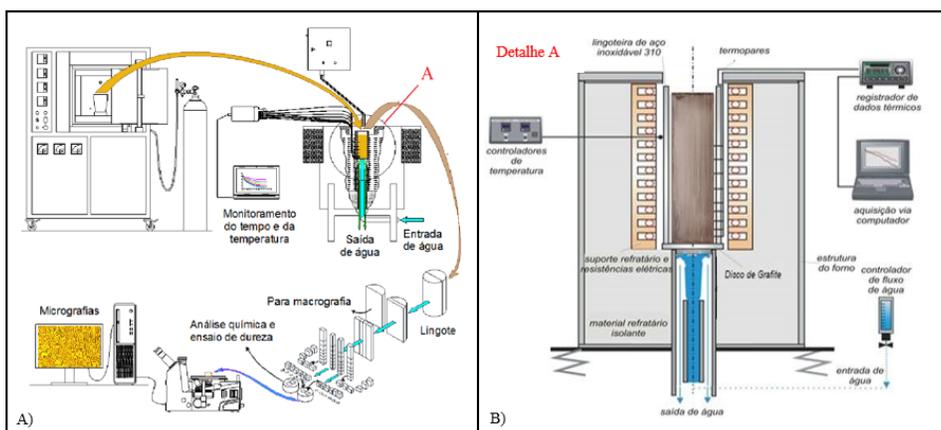


Figura 3 – (A) Esquema do aparato experimental e do processo de análise das amostras (Adaptado de Santos et al., 2018); (B) Detalhe da solidificação unidirecional ascendente (Adaptado de Santos, 2009).

As amostras para análise microestrutural foram embutidas e preparadas em conformidade com a norma ASTM E3, mediante a sucessivo polimento em lixadeira metalográfica, e imergindo os corpos de prova em reagente composto por 10,7% de ácido clorídrico e 3,4% de cloreto férrico por 10 segundos (Fig. 3-A). A caracterização mecânica foi avaliada pelo teste de dureza em conformidade à norma ASTM E10 no durômetro universal WOLPERT na escala Brinell com esfera de 2,5 mm e carga de 31,25 kgf.

A liga foi fundida com uma temperatura de 1050°C e após a deposição do metal líquido no forno de solidificação direcional, o sistema de refrigeração foi acionado quando a temperatura alcançou 1004°C. O sistema de refrigeração ficou acionado até os termopares registrarem a temperatura de 50°C. Com os dados térmicos, realizou-se o gráfico das curvas de resfriamento em que se observou o tempo em que a temperatura *liquidus* ($T_L = 904^\circ\text{C}$) levou para passar em cada posição dos termopares (t_L).

3 | RESULTADOS

Considera-se temperatura *liquidus* (T_L) de 904°C e com base na análise dos dados térmicos da solidificação, verificou-se a variável t_L a qual representa o tempo em que a temperatura *liquidus* passou por cada termopar. A partir dos tempos encontrados foi possível formar uma equação exponencial descrita a seguir:

$$P = C \cdot (t_L)^n$$

em que:

P = posição específica (mm);

C = constante para a liga em estudo;

t_L = tempo de passagem da isoterma *liquidus* pela posição em estudo (segundos); e

n = expoente com valor sempre menor que uma unidade (1).

Substituindo “ C ” e “ n ” pelos valores dados pela equação exponencial, temos:

$$P = 0,0275 \cdot (t_L)^{1,532}$$

Na Figura (4-A) nota-se que, quanto maior a distância da posição, maior o tempo de passagem da isoterma *liquidus*.

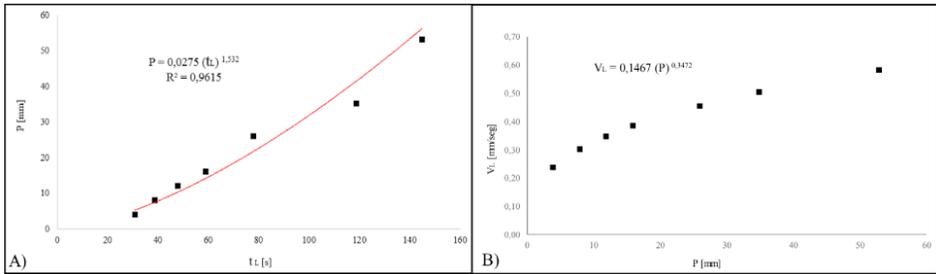


Figura 4 – (A) Posição do termopar x tempo de passagem da isoterma *liquidus*; (B) Posição do termopar x velocidade de deslocamento da isoterma *liquidus*.

Derivando a equação obtida anteriormente em função do tempo, pode-se obter a equação experimental da velocidade em que a isoterma *liquidus* passa por cada termopar ($V_L = dP / dt$). Na Figura (4-B) percebe-se, quanto maior a distância da posição, maior a velocidade de deslocamento da isoterma *liquidus*. Também se pode relacionar a equação obtida com a própria equação da posição em função do tempo obtendo a equação da velocidade em função da posição [$V_L = f(P)$].

$$V_L = 0,1467. (P)^{0,3472}$$

em que:

P= posição específica (mm);

V_L= velocidade de deslocamento da isoterma *liquidus* (mm/s)

Na Figura (5-A) e na Figura (5-B) nota-se que a dureza do material e a fase β aumentam conforme o aumento da velocidade de deslocamento da isoterma *liquidus*.

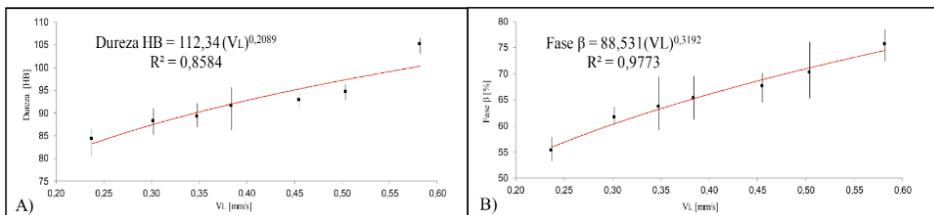


Figura 5 – (A) Dureza na escala Brinell x velocidade de deslocamento da isoterma *liquidus* (mm/s); (B) Percentual de da fase β x velocidade de deslocamento da isoterma *liquidus* (mm/s).

O cálculo da taxa de resfriamento é baseado nas razões das temperaturas *liquidus* (TL) de 904°C pelos tempos em segundos para atingir a temperatura *liquidus*. Na Figura (6-A) e na Figura (6-B) nota-se que a dureza do material e a fase β aumentam conforme o aumento da taxa de resfriamento.

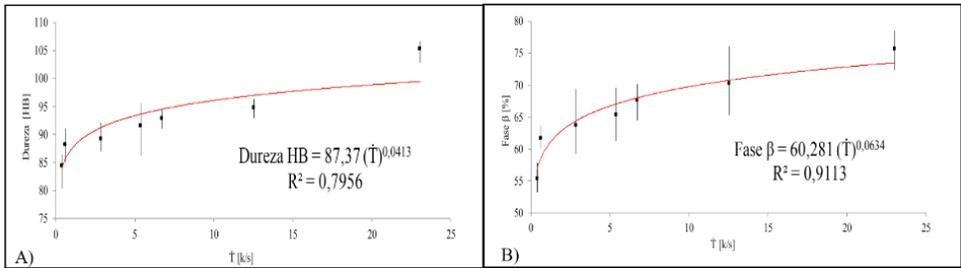


Figura 6 – (A) Dureza na escala Brinell x taxa de resfriamento; (B) Percentual de fase β x taxa de resfriamento.

4 | CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, verificou-se que, quanto maior a distância da interface de grafite, maior será o tempo de passagem da isoterma *liquidus*. No que diz respeito as variáveis térmicas de solidificação, constatou-se que, quanto maior a taxa de resfriamento, maior serão os valores de dureza e fração volumétrica de fase β encontrados nas posições avaliadas.

Nota-se também que, quanto maior a velocidade de deslocamento da isoterma *liquidus*, maiores são também os valores de dureza e percentuais da fração volumétrica da fase β , o que confirma a influência do resfriamento na formação da microestrutura em função da variação do resfriamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Dra. Regina Celi Venâncio em nome do conselho curador da Fundação Salvador Arena, Luiz Henrique Caveagna e Ricardo de Luca em nome de todo o time da engenharia e produção da Termomecânica São Paulo S/A e Valcir Shiguero Omori e Átila Santos Gomes em nome de toda a equipe do Centro Educacional da Fundação Salvador Arena pelo incentivo ao desenvolvimento desse trabalho e pela disponibilização da estrutura para confecção das amostras e testes laboratoriais.

RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ASM Metals Handbook; volume 2, “*Properties and selection: Nonferrous alloy and special-purpose materials*”, 1992, ASM International, 3470p.

ASTM B36, 2012. “*Standard Specification for Brass Plate, Sheet, Strip, And Rolled Bar*”, ASTM Internacional

ASTM E3, 2012, “*Preparation of Metallographic Specimens*”, ASTM International

ASTM E10, 2012, “*Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials*”, ASTM International

Coutinho, T. A., “*Metalografia de não-ferrosos*”, 1980, Editora Edgard Blucher

Mateso, V.; Barcellos, V. K.; Ferreira, C. R. F.; Santos, C. A.; Spim, J. A.; “*Correlação de condições de solidificação com propriedades mecânicas e metalúrgicas da liga de latão 60/40*”, ABM, 2006, Rio de Janeiro. Congresso anual da ABM. 2006

Mendenhall, J.H., 1986, “*Understanding Copper Alloys*”. Robert E. Krieger Publishing Co., Malabar, FL

Rowley, M. T. *Casting copper-base alloys*. Illinois: American Foundrymen’s Society, 1984.

Santos, G. A.; Cruz, R. A.; Frajuca, C.; Nakamoto, F. Y.; Nascimento, M. S.; Silva, M. R.; Santos, V.T.; Couto, A. A.; *Caracterização Microestrutural e Modelagem Matemática para Determinação de Fração Volumétrica de Mistura Eutetóide da Liga Cu-8,5% Sn Obtida por Solidificação Unidirecional Ascendente*. In: CBECIMAT, 2018, Foz do Iguaçu Paraná. Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais. , 2018.

Santos, G. A., 2009, “*Correlação entre Variáveis Térmicas de Solidificação, Microestrutura e Comportamento Mecânico de Ligas Al-Zn e Al-Cu-Li*”, Tese de Doutorado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA, São José dos Campos (SP).

Santos, V. T.; Silva, M. R.; Rubio, F.; Tamashiro, N. Y.; Gomes, S. C. P.; “*Influência do Trabalho a Frio na Resistividade Elétrica do Cobre Eletrolítico UNS C11000*”. In: CBECIMAT, 2018, Foz do Iguaçu - Paraná. Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais. 2018

Silva, M.R., 2015, “*Estudo do efeito da fase β na usinabilidade de ligas de latão livres de chumbo*”. 132 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Silva, M. R.; Machado, I. F.; “*Estudo do efeito da fase β na usinabilidade de ligas de latão livres de chumbo*”, COBEF, 2015, Salvador – Bahia. Anais do VIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação. 2015.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço carbono 1, 2, 3, 5, 6
Aluminatos 82, 84, 90, 91, 92, 93, 94, 95
Ângulo de contato 27, 28, 32, 33
Ângulo de deslizamento 27, 28, 33
Autolimpeza 27, 28, 29, 33, 34

B

Biocerâmicas 71, 74
Biomateriais 71, 72, 73, 122, 125, 130, 131

C

Carbono poroso 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129
Cobre 11, 12, 13, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 119, 121, 125
Compósitos poliméricos 37, 38, 39, 40, 44, 47
Corrosão 1, 2, 6, 7, 9, 11, 20, 21, 22, 26, 28, 125, 138, 148
Cultivo 116

D

Descorantes 104
Dureza 10, 11, 13, 15, 16, 17, 26, 66

E

Eletrodo 122, 123, 124, 127, 137
Eletrofiação 49
Estrôncio 82, 83, 84, 85, 87, 89, 90, 91, 94, 95

F

Fertilizantes 107, 108, 110, 111, 112, 114, 115, 116, 117
Fibras de timbó-açu 37, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47

I

Intensificação de processos 49

L

Latão 10, 11, 12, 13, 18
Liga de alumínio 27, 28, 29, 31, 32, 34

Luminescência 82, 83, 95

M

Microestrutura 10, 11, 12, 13, 17, 18, 19, 21, 24, 25, 26, 67, 68

Morfologia 28, 29, 30, 31, 32, 34, 47, 74, 92, 98, 136

N

Nióbio 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26

O

OTFT 136, 137, 138

P

Paligorskita 97, 98, 101, 102, 103

PBTTT-C14 136, 138, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146

PCI 49

Pechini 71, 72, 74, 79, 80, 84

Pó de despoejamento 62, 63, 64, 69, 70

Porosidade 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 100, 123

Processo de fabricação 3, 19

Propriedades 11, 13, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 28, 29, 37, 38, 39, 43, 62, 63, 64, 66, 68, 69, 71, 73, 79, 84, 89, 95, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 107, 109, 112, 113, 117, 124, 130, 146

R

Remineralizantes 107

Roadmap 49, 51, 52, 53, 54, 59, 60, 61

Rochas 73, 107, 108, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116

S

Sensores 135, 136, 137, 139, 140, 145

Silicatos 96, 98

Síntese 25, 71, 74, 77, 79, 80, 81, 82, 84, 87, 89, 94, 95, 96, 97, 100, 101, 102, 105, 122, 125, 126, 127, 128, 129, 131

Solidificação 10, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 23, 24, 25, 26, 109

Sorção 97, 98

Supercapacitores 122, 123, 124, 131

Super-hidrofobicidade 27, 28, 29, 32, 33, 34

T

Terraços 136, 140, 141, 145

Terras-raras 82, 83

Impactos das Tecnologias na Engenharia de Materiais e Metalúrgica 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Impactos das Tecnologias na Engenharia de Materiais e Metalúrgica 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 