

Engenharia de Materiais e Metalúrgica: Tudo à sua Volta 2

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)



Atena
Editora
Ano 2021

Engenharia de Materiais e Metalúrgica: Tudo à sua Volta 2

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)



Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

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
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto 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
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª 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/Seccional 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. Alexandro 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 Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. 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
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª 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

Engenharia de materiais e metalúrgica: tudo à sua volta 2

Editora Chefe: Prof^ª Dr^ª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremona
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia de materiais e metalúrgica: tudo à sua volta 2 / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5706-962-2
DOI 10.22533/at.ed.622210504

1. Engenharia. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. Título.
CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
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

A engenharia de materiais, se tornou um dos grandes pilares da revolução técnica industrial, devido a necessidade de desenvolvimento de novos materiais, que apresentem melhores características e propriedades físico-químicas. Grandes empresas e centros de pesquisa investem maciçamente em setores de P&D a fim de tornarem seus produtos e suas tecnologias mais competitivas.

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

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

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Boa leitura.

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL E PERFIL DE MICRODUREZA DE AÇO API 5L X80 OBTIDO POR PROCESSO TMCR

Cláudio Beserra Martins Júnior
Ana Larissa Soares Cruz
Ermeson David dos Santos Silva
Nicolas Moreira de Carvalho Gomes
Vinícius Pereira Bacurau
Maria das Dores Bandeira Barroso
Rosilda Benício de Souza
Edvânia Trajano Teó ilo

DOI 10.22533/at.ed.6222105041

CAPÍTULO 2..... 14

INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E MICROESTRUTURA DO AÇO SAE 1035 PELO PROCESSO GMAW

Charlon Widson Leite Costa
José Costa de Macêdo Neto
Adalberto Gomes de Miranda
Luiz Antônio de Verçosa

DOI 10.22533/at.ed.6222105042

CAPÍTULO 3..... 29

INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO TÉRMICO DE NORMALIZAÇÃO NA MICROESTRUTURA E PROPRIEDADES MECÂNICAS DO AÇO SAE 1035 UTILIZADO EM MOTOCICLETAS

Andrews Raphael da Silva Vieira
José Costa de Macêdo Neto
Adalberto Gomes de Miranda
Luiz Antônio de Verçosa
Gilberto García Del Pino
Reinaldo de Almeida Rodrigues
Denise Andrade do Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.6222105043

CAPÍTULO 4..... 40

INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO CRIOGÊNICO PROFUNDO NAS TEMPERATURAS DE TRANSFORMAÇÃO DE FASE E NA ESTABILIZAÇÃO DA CAPACIDADE DE RECUPERAÇÃO DE FORMA DA LIGA Cu-14Al-4Ni COM EFEITO MEMÓRIA DE FORMA

Marcelo Nava
Emmanuel Pacheco Rocha Lima

DOI 10.22533/at.ed.6222105044

CAPÍTULO 5..... 63

ANÁLISE DE FALHA POR FRATURA EM PLACA NÃO ABSORVÍVEL PARA OSTEOSSÍNTESE

Luís Eduardo da Cunha Ferro

Jorge de Souza e Silva Neto
Daniel Kioshi Kawasaki Cavalcanti
Rosemere de Araújo Alves Lima
Marília Garcia Diniz

DOI 10.22533/at.ed.6222105045

CAPÍTULO 6..... 76

PROTEÇÃO ANTICORROSIVA PARA ESTRUTURAS DE AÇO EM ATMOSFERAS INDUSTRIAIS E MARINHAS COM SISTEMA DE TINTA BASE AQUOSA ACRÍLICA

Idalina Vieira Aoki
Fernando Cotting
Paulo Cezar Maziero Tiano

DOI 10.22533/at.ed.6222105046

CAPÍTULO 7..... 92

COLORAÇÃO DO TITÂNIO COM LASER E RUGOSIDADE

Luis Miguel Moncayo Morales
Carlos Nelson Elias
Francielly Moura de Souza Soares
Dyanni Manhães Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.6222105047

CAPÍTULO 8..... 100

AVALIAÇÃO DE PROCESSOS DE CORROSÃO INFLUENCIADA MICROBIOLOGICAMENTE EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Mariana Isabeli Valentim
José Carlos Alves Galvão
Karoline Caetano da Silva
Rozane de Fatima Turchiello Gomez

DOI 10.22533/at.ed.6222105048

CAPÍTULO 9..... 111

ANÁLISE DA RECUPERAÇÃO DE CROMO NA LAMA DE ACIARIA POR MEIO DE BRIQUETES AUTORREDUTORES À BASE DE CARBONO

Raphael Mariano de Souza
Diego Santa Rosa Coradini
José Roberto de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.6222105049

CAPÍTULO 10..... 120

RESPOSTA AO IMPACTO BALÍSTICO DE COMPÓSITOS DE ALUMINA-UHMWPE IRRADIADOS COM RAIOS GAMA

André Ben-Hur da Silva Figueiredo
Hélio de Carvalho Vital
Ricardo Pondé Weber
Édio Pereira Lima Júnior
João Gabriel Passos Rodrigues
Letícia dos Santos Aguilera

Ronaldo Sergio de Biasi

DOI 10.22533/at.ed.62221050410

CAPÍTULO 11..... 133

INFLUÊNCIA DA TÉCNICA “TWO STEPS SINTERING” NA REDUÇÃO DA POROSIDADE DAS CERÂMICAS VERMELHAS

André Lucas Reboli Pagoto

Valdi Antonio Rodrigues Junior

DOI 10.22533/at.ed.62221050411

CAPÍTULO 12..... 138

COMPARAÇÃO ENTRE POLI (acrilonitrila-co-butadieno-co-estireno) (ABS) E POLIPROPILENO (PP). POR QUE POLÍMEROS COM ÍNDICE DE FLUIDEZ SIMILARES NÃO APRESENTAM O MESMO DESEMPENHO TÉRMICO E MECÂNICO?

Rogério Massanori Sakahara

Wang Shu Hui

Daniel José da Silva

Luiz Henriques

DOI 10.22533/at.ed.62221050412

CAPÍTULO 13..... 151

UMA SÍNTESE DOS AVANÇOS EM MATERIAIS COMPÓSITOS DE POLIURETANO NA REMOÇÃO DE ÓLEO DA ÁGUA

Karen de França Gonçalves

Luiz Fernando do Nascimento Vieira

Ricardo Pondé Weber

Sergio Neves Monteiro

DOI 10.22533/at.ed.62221050413

CAPÍTULO 14..... 164

FIBRA DE BAMBU: UMA NOVA ALTERNATIVA PARA COMPÓSITOS POLIMÉRICOS

Bárbara Maria Ribeiro Guimarães

Marcelo Barbosa Furtini

Josy Antevêli Osajima

José Benedito Guimarães Junior

DOI 10.22533/at.ed.62221050414

CAPÍTULO 15..... 174

MEMBRANAS DE QUITOSANA-BIOATIVO NATURAL PARA USO POTENCIAL COMO CURATIVOS

Itamara Farias Leite

Wwandson Felipe Wanderley

Alanne Tamize de Medeiros Salviano

DOI 10.22533/at.ed.62221050415

CAPÍTULO 16..... 187

SÍNTESE DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE UMA MEMBRANA BIOLÓGICA

OBTIDA A PARTIR DA FIBROÍNA PRESENTE NO CASULO DO BICHO DA SEDA

Ingrid Russoni de Lima

Mara Carolina do Carmo Paresque

Lucas Furtado Loesh Pereira

Bonifácio de Oliveira Fialho

Heleno Souza da Silva

Renata Antoum Simão

José Adilson de Castro

Gláucio Soares Fonseca

DOI 10.22533/at.ed.62221050416

SOBRE OS ORGANIZADORES200

ÍNDICE REMISSIVO.....201

ANÁLISE DA RECUPERAÇÃO DE CROMO NA LAMA DE ACIARIA POR MEIO DE BRIQUETES AUTORREDUTORES À BASE DE CARBONO

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 15/01/2020

Raphael Mariano de Souza

Instituto Federal do Espírito Santo – IFES,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Metalúrgica e de Materiais – PROPEMM
Vitória–ES, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7565702475462116>

Diego Santa Rosa Coradini

University of Leoben, Department of Metallurgy
Leoben–Styria, Austria
<http://lattes.cnpq.br/9068151619504674>

José Roberto de Oliveira

Instituto Federal do Espírito Santo – IFES,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Metalúrgica e de Materiais – PROPEMM
Vitória–ES, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9478445196688883>

RESUMO: A produção de aço inoxidável gera resíduos como escórias, lamas, e poeiras, que contêm elementos essenciais para a própria produção, como ferro, cromo, níquel e molibdênio, possuindo valor econômico relevante. Além disso, segundo a norma ABNT NBR-10004/2004, a lama de aciaria é classificada como resíduo Classe I - Perigoso. O descarte incorreto da lama pode causar danos ambientais além de do alto custo requerido para o seu despejo de acordo com as normas em aterros. Justifica-se, portanto, o estudo da viabilidade de recuperação dos metais nesse rejeito. Para este estudo, o

resíduo foi briquetado com adição de carbono, a fim de agir como redutor, e ensaiado no aço não ligado CK.45, com intuito de avaliar a recuperação de Cr. Foi feita análise química através de MEV-EDS para obter as composições químicas dos briquetes e realizar simulações termodinâmicas do equilíbrio metal-briquete a fim de calcular o potencial termodinâmico para a recuperação do cromo. Os briquetes foram adicionados ao aço, foram retiradas amostras do metal no tempo de 3, 5, 7, 10, 15 e 20 minutos após adição e o material enviado para análise química a fim de obter a evolução das reações com o tempo. Os resultados mostram que é viável a recuperação do Cr da lama de aciaria elétrica através de briquetes auto-redutores à base de carbono, atingindo o melhor resultado para o briquete contendo 20% de C em massa, a 1600°C, com uma recuperação de 78,64% do metal. Os resultados corroboraram o esperado pelas simulações, onde o aumento do teor de carbono promoveu aumento da recuperação do Cr. Além disso, após o tempo de 3 minutos foi observada uma variação muito pequena do teor de elementos incorporados no banho, sugerindo que quase todos os óxidos já haviam sido reduzidos durante os momentos iniciais.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Siderúrgicos. Aciaria Elétrica. Recuperação de Cromo. Redução Carbotérmica.

ANALYSIS OF CHROME RECOVERY IN STEELMAKING SLUDGE WASTE BY CARBON-BASED SELF-REDUCING BRIQUETTES

ABSTRACT: The production of stainless steel generates residues such as slag, sludge, and

dust, which contain essential elements for the production, such as iron, chromium, nickel and molybdenum, which have significant economic value. In addition, according to ABNT NBR-10004/2004, steelmaking sludge is classified as Class I - Hazardous waste. Incorrect disposal of sludge can cause environmental damage in addition to the high cost required for disposal according to landfill regulations. Therefore, the study of the viability of recovering metals in this residues is justified. For this study, the residue was briquetted with carbon addition, in order to act as a reducer, and tested on non-alloyed steel CK.45, in order to evaluate the recovery of Cr. Chemical analysis was performed using SEM-EDS to obtain the chemical compositions of the briquettes and perform thermodynamic simulations of the metal-briquette equilibrium in order to calculate the thermodynamic potential for the recovery of chromium. The briquettes were added to the steel, samples of the metal were taken at 3, 5, 7, 10, 15 and 20 minutes after addition and the material sent for chemical analysis in order to obtain the evolution of the reactions over time. The results show that it is feasible to recover the Cr from the EAF steelmaking sludge using carbon-based self-reducing briquettes, reaching the best result for the briquette containing 20% of C, at 1600°C, with a recovery of 78,64%. The results corroborated what was expected by the simulations, where the increase in carbon content promoted an increase in Cr recovery. In addition, after 3 minutes, a very small variation in the content of elements incorporated in the molten was observed, suggesting that almost all oxides had already been reduced during the initial moments.

KEYWORDS: Steelmaking Waste. EAF Steelmaking. Chromium Recovery. Carbothermal Reduction.

1 | INTRODUÇÃO

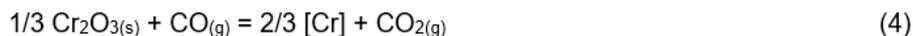
A produção mundial de aço inoxidável no primeiro trimestre de 2018 aumentou 5,8%, com o destaque para a China, que aumentou a produção em 19,4%, com relação ao mesmo período em 2017 (ABINOX, 2019). O aumento da produção de aço inoxidável também gera um aumento na quantidade de resíduos gerados, como: escórias, lamas, poeiras entre outros. Estes resíduos contêm em sua composição elementos essenciais para a produção de aço inoxidável, como: ferro, cromo, níquel e molibdênio, possuindo valor econômico relevante (SOBRINHO, 2012).

Além disso, segundo a norma ABNT NBR-10004/2004, a lama de aciaria é classificada como resíduo Classe I - Perigoso. Devido à presença de elementos como Cr e Pb. O descarte incorreto da lama pode causar danos ambientais se despejados de maneira imprópria, além de do alto custo requerido para o seu despejo de acordo com as normas em aterros.

Nyrenda (1991) afirma que mais de 90% da PAE é composta por óxidos, e o resto da poeira é composta por silicatos complexos, pequena quantidade de carbonetos, sulfetos e sulfatos.

As reações de redução do cromo pelo carbono podem ocorrer pela gaseificação do carbono (gerando CO que por sua vez reduz o metal), ou pelo contato metal/escória. Algumas das possíveis reações de autorredução são mostradas nas Equações 1 a 4 (RI

et al., 2016):



Observando as equações, conclui-se que para aumentar a quantidade de Cr incorporado no metal os seguintes passos podem ser seguidos:

- Diluir o gás monóxido de carbono formado;
- Aumentar a atividade de carbono do sistema;
- Aumentar a atividade de óxido de cromo.

Justifica-se, portanto, este estudo devido aos custos associados ao descarte do rejeito, bem como à perda de metais de valor econômico para o processo siderúrgico, e ao desgaste ambiental causado pelo despejo da lama.

2 | OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é a análise da viabilidade da recuperação de Cr contido na lama de aciaria gerada pela indústria de aço inoxidável através da utilização de briquetes auto-redutores à base de carbono, bem como a influência do teor de carbono no briquete.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

A lama de aciaria utilizada para os testes neste trabalho foi seca em mufla e caracterizada por difração de raios-X (DRX) feita no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), para estudo das fases presentes. Com este resultado foram feitas simulações termodinâmicas (no software Factsage 7.1) de redução com o aço não ligado CK.45 a fim de observar a tendência termodinâmica dos resultados experimentais pretendidos. A caracterização do aço foi feita em espectrômetro de faísca.

Para confecção dos briquetes, a lama foi homogeneizada, quarteada, dividida em três porções e pesada, então foi adicionado pó de serra e finos de coque em cada parte para a incorporação do carbono pretendido aos briquetes, formando três misturas de 1000g cada, com os teores de 16%, 18% e 20% de carbono em massa. Dessas misturas foram confeccionados briquetes de 80g e a massa de aço utilizada para os testes de redução foi de 650g.

Os briquetes foram analisados submetidos a análises semi-quantitativa pontual utilizando Espectroscopia por Energia Dispersiva (EDS) acoplado ao MEV. Foi utilizado

detector de elétrons secundários com potencial de aceleração de 15 kV.

Os passos adotados para realização dos ensaios foram:

- Carregamento do cadinho com o aço de trabalho;
- Abertura do sistema de entrada de argônio no aparelho de teste a uma velocidade de 10 L/min.
- Aquecimento do sistema até a temperatura de teste e manutenção dessa temperatura até o final do ensaio;
- Fusão do aço;
- Adição dos briquetes ao banho após fusão do aço;
- Remoção periódica da amostra de aço no tempo de 3, 5, 7, 10, 15 e 20 minutos após o carregamento dos briquetes;
- Retirada do material do sistema e despejo do material em um molde;
- Fechamento de entrada de gás e esperar o resfriamento do sistema.

O forno utilizado foi um forno de 80kW localizado no laboratório da ITM e o arranjo experimental está ilustrado na Figura 1:

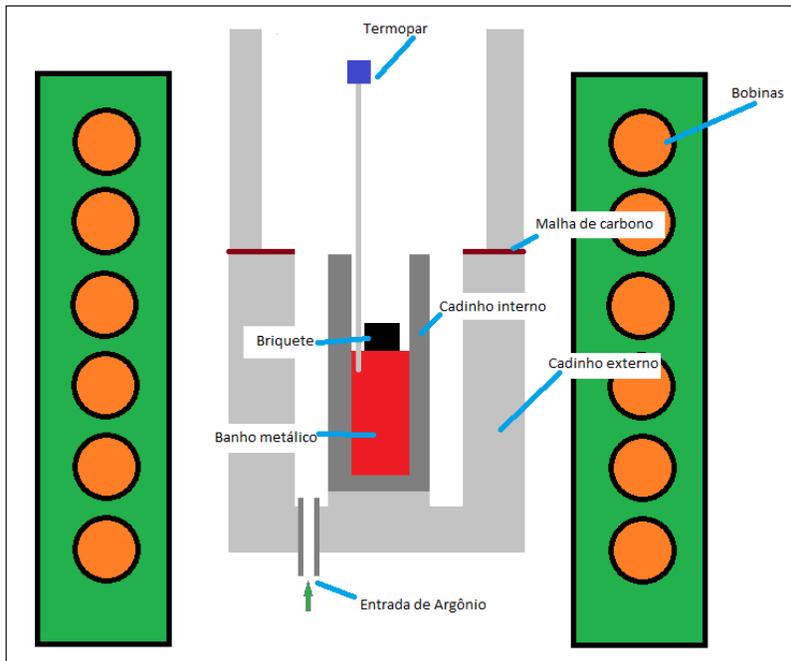


Figura 1: Esquema experimental utilizado

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição do aço é dada pela Tabela 1.

Elemento	C	Cr	Si	Ni	Mn	P	S	Fe
%	0,40	0,27	0,19	0,14	0,74	0,04	0,03	97,93

Tabela 1: Composição química do aço utilizado nos experimentos

Com a análise no MEV-EDS foi possível compreender melhor a composição química dos briquetes e estas composições foram utilizadas para condução das simulações no FactSage. A Tabela 2 mostra as composições de cada briquete.

Fases presentes	B _{16/84%} composition (%)	B _{18/82%} composition (%)	B _{20/80%} composition (%)
FeCr ₂ O ₄	7,45	7,27	7,09
CrO ₃	5,74	5,61	5,47
Cr(m)	0,18	0,18	0,18
Fe ₂ O ₃	36,25	35,39	34,52
Fe ₃ O ₄	15,19	14,83	14,47
FeO	11,15	10,89	10,62
Fe	0,49	0,48	0,47
CoO	0,20	0,19	0,19
NiFe ₂ O ₄	0,04	0,04	0,04
NiO	0,04	0,04	0,04
CuO	0,06	0,06	0,06
Al ₂ O ₃	1,10	1,07	1,05
SiO ₂	2,13	2,08	2,03
S ₂ O	0,42	0,41	0,40
CaO	0,29	0,28	0,27
Na ₂ O	0,01	0,01	0,01
P ₂ O ₅	0,18	0,17	0,17
K ₂ O	0,15	0,15	0,14
TiO ₂	0,05	0,04	0,04
V ₂ O ₃	0,71	0,7	0,68
MnO	0,38	0,37	0,36
MoO ₃	1,18	1,15	1,12
WO ₃	0,59	0,58	0,56
C	16	18	20

Tabela 2: Composição química dos briquetes utilizados

A Figura 2 mostra o resultado das simulações termodinâmicas computacionais para o equilíbrio de cada briquete com o aço.

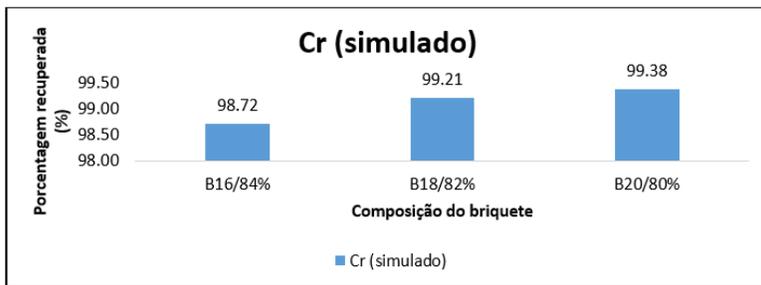


Figura 2: Simulação da variação da recuperação de Cr em função da quantidade de carbono nos briquetes na temperatura de 1600°C.

De acordo com os resultados da simulação termodinâmica, a recuperação de Cr é maior conforme maior é o teor de C do briquete. Este aumento, portanto, não é linear, sendo de 0,49% quando o aumento é de 16% para 18% de C no briquete e de 0,17% quando o aumento é de 18% para 20%, sugerindo que haja um teor ideal de carbono próximo de 20% de C, onde a recuperação é de quase 100%.

A composição da escória final obtida nas simulações é apresentada na tabela 3.

Fases presentes	B _{16/84%} composition (%)	B _{18/82%} composition (%)	B _{20/80%} composition (%)
Al ₂ O ₃	14,65	25,46	36,97
SiO ₂	39,47	34,79	28,44
NaAlO ₂	0,40	0,60	0,70
KAlO ₂	4,50	6,67	6,79
CaO	4,49	7,61	11,28
FeO	5,33	2,88	1,62
MnO	23,61	16,70	9,93
CrO	1,13	0,69	0,44
Cr ₂ O ₃	0,04	0,03	0,02
Ti ₂ O ₃	0,09	0,25	0,60
TiO ₂	0,56	0,74	0,52
Al ₂ S ₃	0,92	0,97	1,03
SiS ₂	2,59	1,38	0,83
KAlS ₂	0,26	0,23	0,17
CaS	0,25	0,25	0,27
FeS	0,28	0,09	0,04
MnS	1,24	0,50	0,23
CrS	0,06	0,02	0,01
Outros	0,13	0,14	0,11

Tabela 3: Composição da escória final obtida nas simulações

Analisando a composição das escórias, observa-se que são compostas, em sua maioria, pelas fases CaO, Al₂O₃, SiO₂, MnO e KAlO₂. Já as fases que contêm os

elementos como Cr e Fe tem sua concentração diminuída, sugerindo maior incorporação desses elementos no aço com o aumento da quantidade de carbono adicionado no sistema.

Por meio dos ensaios o gráfico da Figura 3 foi construído e nela se observa o comportamento da recuperação para cada briquete separadamente com o tempo.

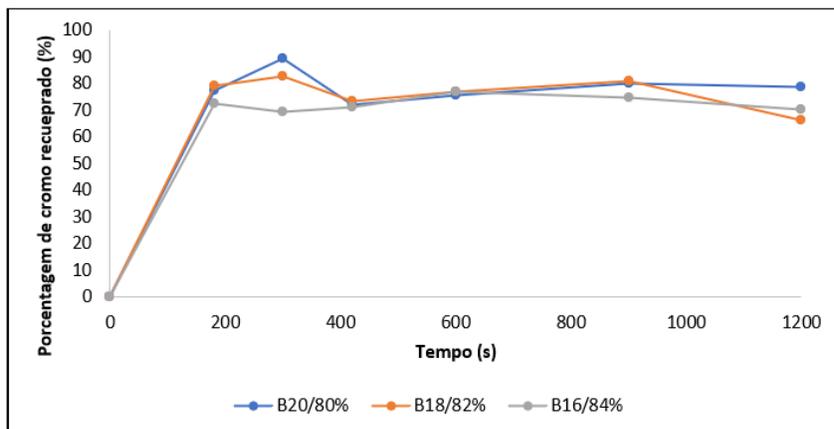


Figura 3: Recuperação do cromo com o tempo para as três composições de briquete nos ensaios no forno de indução à 1600°C.

Como observado na figura a recuperação seguiu o esperado pelas simulações, que mostrou que o aumento da quantidade de carbono nos briquetes promoveu um aumento da recuperação do Cr. Além disso, após o tempo de 200 segundos foi observada uma variação muito pequena do teor de elementos incorporados no banho, sugerindo que quase todos os óxidos já haviam sido reduzidos durante os momentos iniciais.

Tal fato constata a importância da autorredução, pois, provavelmente quase todos os óxidos e espinéis foram reduzidos durante o início do teste (até o tempo de 200 segundos). Logo, observa-se que o mecanismo que limita o processo é o de dissolução dos elementos já reduzidos no banho, haja visto que quase toda a redução já ocorreu.

A Figura 4 mostra a comparação do Cr real recuperado nos testes com a recuperação pelo equilíbrio termodinâmico.

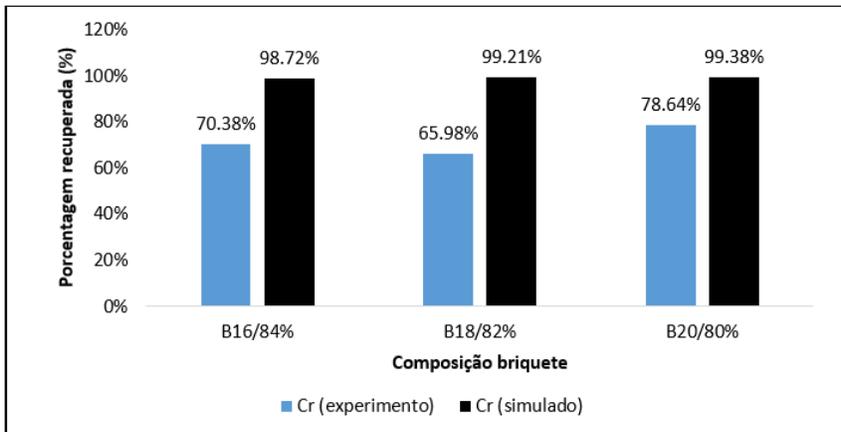


Figura 4: Comparação entre o cromo recuperado nas simulações e nos testes

De acordo com a figura é possível observar que, exceto para o teste B16/84% foi observado um comportamento esperado pelo calculado na termodinâmica, com aumento da taxa de recuperação com aumento da quantidade de carbono.

Um dos possíveis motivos para a variação é falha na amostragem, já que a reversão não é prevista termodinamicamente.

Além disso, o melhor resultado, no geral, ocorreu com a utilização do briquete com 20% de carbono a 1600°C

A Figura 5 mostra a mudança da composição da liga metálica final (após o teste de redução do sistema briquete/aço) com o tempo.

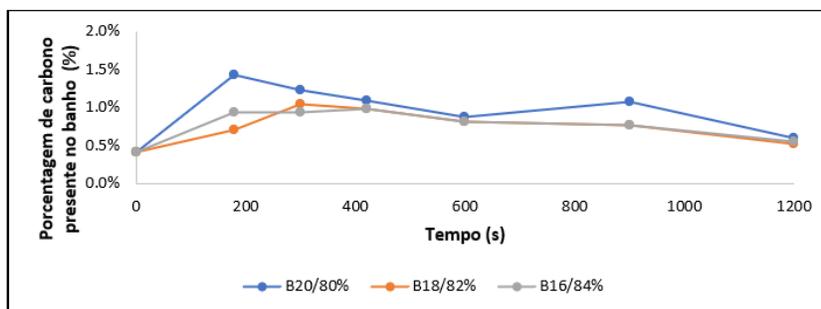


Figura 5: Variação do carbono com o tempo no metal

Os resultados da recuperação do cromo e incorporação de carbono seguiram o mostrado pelo trabalho Yang et al. (2015). Mostrando pequenas quedas devido, a incorporação de outros elementos. A queda no carbono final pode ser atribuída a redução

direta, pois, aproximadamente no tempo de 420 segundos para todos os ensaios o briquete se desintegrou, o que aumentou a área superficial de contato da escória com o banho, o que facilitou a reação e o transporte de massa.

5 | CONCLUSÃO

Através dos estudos realizados no presente trabalho foi possível concluir que é viável a recuperação do Cr da lama de aciaria elétrica através de briquetes auto-redutores à base de carbono, atingindo o maior resultado para o briquete contendo 20% de C em massa, a 1600°C.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à FAPES e ao IFES pelo financiamento da bolsa de pesquisa, e ao IFES-Campus Vitória pelos equipamentos e conhecimento especializado, bem como à universidade *Institut für Technologien der Metallen* (ITM) pelo suporte laboratorial.

REFERÊNCIAS

ABINOX. **Associação brasileira de aços inoxidáveis**. Disponível em: <<http://www.abinox.org.br/site/agenda-inox-noticias-detalhes.php?cod=5680&q=Como+o+A%C3%A7o+Inox+est%C3%A1+inserido+na+economia+circular>> Acesso em 24/03/2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 1987.

NYRENDA R.L. **The processing of steelmaking flue-dust: a review**. *Minerals Engineering*. v. 4, n. 7, p. 1003–1025, 1991.

RI, S; CHU, M; CHEN, S; LIU, Z; HONG, H. **Self-reduction Mechanism of coal composite stainless steel dust hot briquette**. *Journal of iron and steel research, international*. v. 23 (4), pp. 314-321, 2016.

SOBRINHO, V. P. F. M. **Adição de poeira de aciaria elétrica em ferro gusa líquido**. Tese de Doutorado. São Paulo: Escola Politécnica, USP. p. 27- 36, 92-93. 2012.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aciação elétrica 111, 119
Aço inoxidável 28, 63, 64, 68, 74, 111, 112, 113
Aços ARBL 1, 2
Ambientes agressivos 76, 89

B

Bambu 164, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172
Blindagem balística 120

C

Cicatrização 67, 174, 175, 181, 182
Coloração 92, 93, 94, 95, 96, 176, 179, 193
Compactação 133
Compósito 120, 122, 123, 124, 125, 130, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 172
Corrosão 64, 69, 70, 71, 73, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 92, 93, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 200

E

Efeito memória 40, 41, 47, 51, 58, 59, 60, 61
Esponjas de poliuretano 151

F

Fadiga 63, 64, 69, 70, 71, 72, 73, 74
Fibras 153, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 189
Fibroína 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199

I

Impacto 24, 120, 121, 122, 124, 129, 130, 134, 138, 139, 141, 144, 145, 146, 149, 156, 164

L

Liofilização 187, 188, 190, 191, 193, 198, 199

M

Membranas 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 198, 199
Metálica 16, 79, 100, 102, 118, 165

Microdureza 1, 2, 4, 5, 7, 8, 14, 16, 19, 20, 22, 23, 26, 28, 29, 31, 34, 40, 42, 47, 56, 57, 58, 59, 63

Microestrutura 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 39, 42, 46, 50, 59, 65, 149

MIG 14, 15, 16, 17, 27, 28

O

Óleo de rã 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 184

Óxido de Ti 92

P

Penetração de solda 14, 25, 26

Prótese femoral 63

Q

Quitosana 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 183, 184, 185, 186, 199

R

Recuperação 40, 41, 47, 48, 58, 59, 60, 111, 113, 116, 117, 118, 119

Redução 9, 3, 6, 7, 40, 48, 51, 58, 59, 60, 67, 100, 111, 112, 113, 117, 118, 133, 139, 141, 149

Remoção de óleo 151

Resíduos 107, 111, 112, 119, 151, 160, 166, 175

Resíduos siderúrgicos 111

Resina 164, 167, 169, 170, 172

Revestimento acrílico 76

Rota térmica 133

Rugosidade 79, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 154, 155, 192

T

Temperatura 3, 15, 23, 24, 26, 30, 32, 35, 41, 46, 47, 48, 49, 51, 54, 76, 85, 97, 102, 103, 114, 116, 122, 123, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 156, 166, 167, 169, 176, 177, 178, 185, 191

Tintas 76, 77, 78, 79, 85

Tratamento criogênico 40, 41, 48, 59, 60

Tratamento de esgoto 100, 102, 106, 109, 110

Engenharia de Materiais e Metalúrgica: Tudo à sua Volta

2

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Engenharia de Materiais e Metalúrgica: Tudo à sua Volta

2

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br