

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 Andreza 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

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

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 06/10/2020

Talyta Silva Prado

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/8729831873037732>

Paulo Neilson Marques dos Anjos

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/3303558234333074>

RESUMO: Os materiais luminescentes são uma das classes de materiais que vem ganhando ênfase tanto no que se refere ao âmbito acadêmico como tecnológico, devido às suas vastas aplicações em diversas áreas. Dentre as classes desses materiais, vale salientar os aluminatos de estrôncio, atualmente, muito utilizados na ciência como pigmentos fotoluminescentes e termoluminescentes de longa duração que, ao serem dopados com terras-raras, passam a exibir uma alta eficiência quântica além de longa fosforescência. Dessa forma, o estudo teve como objetivo a obtenção do aluminato de estrôncio dopado com íon térbio trivalente (Tb^{3+}) a partir do precursor polimérico, obtido através do método de polimerização por emulsão reversa e a avaliação da influência do pH no polimorfismo do material. A metodologia aplicada teve como princípio a formação de duas fases: orgânica e aquosa. Entretanto, utilizou-se de duas vias distintas para a realização da

mesma: a primeira fez uso de uma solução contendo o óxido de térbio juntamente com o ácido nítrico em pH 0; e para a segunda via, uma solução idêntica a primeira foi submetida a um processo de evaporação e adição constante de água, até que a solução se tornasse transparente e o valor do pH atingisse uma faixa entre 4-5. Para o processo de calcinação, as amostras foram submetidas a uma temperatura de 900 °C por 2 horas, com uma rampa de aquecimento de 20 °C/ min, gerando um pó de coloração branca. De acordo com a caracterização óptica dos materiais, observou-se dois picos de emissão, sendo a mais intensa àquela na região verde do espectro visível, decorrente da presença do íon térbio no seu estado de oxidação mais elevado, Tb^{3+} . A caracterização estrutural foi realizada através da técnica de DRX, na qual obteve-se as fases: $SrAl_2O_4$, $SrAl_4O_7$ e $Sr_3Al_2O_6$, sendo esta última a fase majoritária.

PALAVRAS-CHAVE: Aluminatos de Estrôncio. Luminescência. Terras- raras. Emulsão reversa.

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF STRONTIUM ALUMINATE DOPED WITH TERBIUM BY THE REVERSE POLYMER EMULSION METHOD AND THE INFLUENCE OF PH ON POLYMORPHISM

ABSTRACT: Luminescent materials are one of the classes of materials that has gained emphasis both in terms of academic and technological, due to their vast applications in various areas. Among the classes of these materials, it is worth noting the strontium aluminates, currently widely used in science as photoluminescent pigments and long-lasting thermoluminescence, which, when

doped with rare earths, they start to exhibit a high quantum efficiency in addition to long phosphorescence. Thus, the study aimed to obtain the aluminate of strontium doped with trivalent terbium ion (Tb^{3+}) from the polymeric precursor, obtained through the reverse emulsion polymerization method and the evaluation of the influence of pH on the polymorphism of the material. The applied methodology had as principle the formation of two phases: organic and aqueous. However, two different routes were used to perform it: the first used a solution containing terbium oxide together with nitric acid at pH 0; and for the second way, an identical solution the first was submitted to a process of evaporation and constant addition of water, until the solution became transparent and the pH value reached a range between 4-5. For the calcination process, the samples were submitted to a temperature of 900 °C for 2 hours, with a heating ramp of 20 °C/ min, generating a white powder. According to the optical characterization of the materials, two emission peaks were observed, the most intense to that in the green region of the visible spectrum, due to the presence of the terbium ion in its highest oxidation state, Tb^{3+} . The structural characterization was performed through the XRD technique, in which the following phases were obtained: $SrAl_2O_4$, $SrAl_4O_7$ and $Sr_3Al_2O_6$, the latter being the majority phase.

KEYWORDS: Strontium aluminates. Luminescence. Rare earths. Reverse emulsion.

1 | INTRODUÇÃO

A luminescência é o fenômeno pelo qual os corpos emitem luz, em condições específicas, e sob diferentes causas de excitação. Esta propriedade da luminescência é observada para todos os estados físicos da matéria, gasoso, líquido ou sólido, tanto para compostos orgânicos ou inorgânicos (TEIXEIRA, 2010).

O uso dos lantanídeos em materiais que emitem radiação visível, quando excitados por radiação eletromagnética, tem sido bastante aplicado em sistemas para obter dados espectroscópicos que determinam entre outras coisas, o aumento na eficiência quântica envolvida no processo (TEIXEIRA, 2010-2014).

Desde 1980, o Japão já começava a revolucionar a indústria optoeletrônica, utilizando íons de terras-raras (TR) para a confecção de dispositivos emissores de luz. Estes, por sua vez, são uma classe de elementos essenciais para o desenvolvimento da indústria moderna, infraestrutura e fabricação de produtos utilizados diariamente. O Eu, Y e Tb, por exemplo, são usados para produzir materiais luminescentes, os chamados “fósforos”, mais eficientes energeticamente que os produzidos com compostos de Sb e Mn (BINNEMANS, 2013).

Dentre os materiais possíveis de se produzir, vale ressaltar o aluminato de estrôncio, material este, objeto de estudo do presente trabalho. Esta é uma classe de materiais composta de várias fases cristalográficas que se diferenciam pela sua estequiometria (MONTES, 2009).

O aluminato de estrôncio é muito utilizado na ciência como pigmento fotoluminescente e termoluminescente de longa duração. É possível observar a presença desses materiais

luminescentes em nosso cotidiano através da sinalização em placas de rodovias e acessos de segurança, exames médicos, produção de equipamentos eletrônicos, conservação de alimentos, dentre outros (MONTES, 2008-2009).

Para a síntese do aluminato de estrôncio existem vários métodos simples e versáteis que são comumente utilizados, como por exemplo, os mais citados na literatura, o método sol-gel e Pechini. Essas metodologias são bastante utilizadas por serem opções que podem controlar o material desejado de forma simples, e com baixo custo. Entretanto, a metodologia empregada no presente trabalho foi a polimerização por emulsão reversa (MEDEIROS, 2007; ZOCCAL, 2010).

Esta técnica possui algumas vantagens quando comparada aos outros métodos, devido a utilização da água como meio dispersante, ao invés do uso de alcoóxidos metálicos e de ácidos orgânicos durante a realização da síntese; e pode ser definida como uma mistura entre dois líquidos imiscíveis em que, a fase interna encontra-se dispersa na forma de pequenos glóbulos no outro líquido (a fase externa), sendo necessário a adição de um emulsificante para que esta mistura seja estabilizada (MACIEL, 2005; MEDEIROS, 2007).

A estabilidade de uma emulsão, por sua vez, é uma propriedade física muito importante desse sistema, já que a mesma pode ser cessada com a completa separação de fases, que pode ocorrer devido a três principais fenômenos: a sedimentação (deposição da fase interna), a floculação (formação de agregados da fase interna) e a coalescência (colisões que levam a formação de glóbulos maiores).

Ao explorar as propriedades de algumas das técnicas de polimerização, o presente trabalho teve como objetivo a obtenção do aluminato de estrôncio dopado com íon térbio trivalente a partir do precursor polimérico obtido pelo método de polimerização por emulsão reversa com evaporação.

Diante do exposto sobre os aluminatos, verifica-se que essa classe de materiais tem se tornado alvo de múltiplos estudos devido a sua vasta aplicação em diversas áreas, principalmente, no que diz respeito ao ramo da ciência, quando empregados como pigmentos foto e termo luminescentes. Mediante a eficácia dos mesmos em apresentarem alta eficiência e longa fosforescência quando dopados com íons lantanídeos, muitas pesquisas têm se voltado a promover novas metodologias, que sejam ainda mais simples e que apresentem resultados similares ou superiores àquelas já existentes.

Dessa forma, visando uma modificação na rota de síntese para obtenção do aluminato de estrôncio, este trabalho também teve como vertente, a utilização de procedimentos simples os quais além de eficazes, também fossem adeptos aos princípios da química verde, quanto a utilização de reagentes menos agressivos ao meio ambiente.

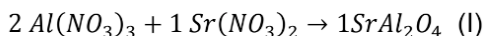
2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Reagentes

Os reagentes utilizados foram: poliálcool vinílico (PVA) (Vetec), nitrato de alumínio nonahidratado, $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ (Dinâmica), nitrato de estrôncio diidratado, $Sr(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$ (Vetec), álcool cetílico (Aldrich), ácido dodecilbenzeno sulfônico (DBSA) (Aldrich), e como dopante o óxido de Térbio (Aldrich), Tb_4O_7 , com 99,9% de pureza.

2.2 Preparo dos precursores

Para se obter as amostras dos precursores em diferentes pHs, a primeira etapa consistiu em preparar uma solução estoque segundo a estequiometria de 3mmol de PVA: 1mmol de Sr: 2mmol de Al, Equação I, cujo as massas foram equivalentes a 7,4329 g de $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$; 2,1163 g de $Sr(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$; e, 2,0558 g de PVA.



Após pesados, adicionou-se aos nitratos uma pequena quantidade de água destilada, suficiente para dissolvê-los, a fim de obter o aluminato de estrôncio na fase $SrAl_2O_4$. Em seguida, as respectivas soluções dos nitratos foram misturadas em um béquer contendo a solução de PVA, previamente preparada através de um leve e breve aquecimento para dissolução do álcool em questão, sendo posteriormente, transferidos, aferidos e estocados em um balão volumétrico.

2.2.1 Precursor puro

2.2.1.1 Emulsão em pH 3

Inicialmente, preparou-se um volume de 30 mL de solução de álcool cetílico utilizando-se uma massa de 2,4244 g do reagente supracitado. Em seguida, acrescentou-se 10 mL da solução estoque e 20 mL de DBSA, em que, este último foi preparado através da dissolução de 3,5054 g do ácido. Sem demora, o volume final foi levado a chapa de aquecimento e agitação por 3 horas numa temperatura entre 50 °C - 60 °C.

2.2.2 Precursores dopados

Para o preparo das emulsões dopadas, a metodologia utilizada foi a mesma daquela descrita anteriormente, tendo em vista o uso do íon terra rara, Tb^{3+} , adicionado numa quantidade estequiométrica equivalente a 1% em termos de mols do dopante. Como o Tb_4O_7 é insolúvel em água, fez-se necessário a adição de ácido nítrico concentrado, para que houvesse a dissolução deste óxido.

2.2.2.1 Emulsão em pH 0

A presença do ácido nítrico concentrado junto a solução do óxido de térbio quando adicionados aos outros reagentes, promoveu um abaixamento no valor do pH da solução, saindo do pH 3 para o pH 0.

2.2.2.2 Emulsão em pH 4

Com o intuito de obter uma solução com pH diferente daqueles já obtidos, optou-se por elevar o pH da mistura, tornando-a menos ácida. Para isso, a solução contendo o óxido de térbio e o ácido nítrico, isoladamente, foi vinculada a um processo denominado “manipulação do pH”, que consiste em submeter a solução em questão à constantes etapas de evaporação e reposição de água para eliminação de parte do nitrato presente, até que o valor do seu pH atinja a faixa desejada que, neste caso, foi entre 4-5. Feito isto, a “solução manipulada” foi então adicionada ao béquer contendo os demais reagentes e disposta as etapas de aquecimento e agitação.

2.3 Calcinação dos precursores puro e dopados

O termo “precursor” descreve um material sintetizado que, por sua vez, ainda não recebeu qualquer tipo de tratamento térmico. Diante disso, na etapa de calcinação dos precursores foram empregadas as mesmas condições de temperatura e duração. A rampa de aquecimento de 20 °C /min empregada no forno tipo mufla também foi a mesma para todas as amostras. Essa rampa foi executada partindo-se da temperatura ambiente, equivalente a 25 °C, até a temperatura de calcinação desejada, 900 °C. Após atingir esse patamar, a amostra permaneceu sob essa temperatura por um período de 2 horas de forma constante. É importante ressaltar que o forno usado não possuía controle de rampa para resfriamento da amostra.

2.4 Caracterização das amostras

Para a caracterização dos materiais em questão, as técnicas de termogravimetria (TG) e análise térmica diferencial (DTA) foram utilizadas. As análises térmicas (TG e DTA) foram realizadas de forma simultânea no módulo térmico modelo TG-DTADT60H da Shimadzu; para a análise óptica, mais especificamente, para a análise de excitação e emissão da fluorescência utilizou-se o espectrofluorímetro modelo RF5301pc da Shimadzu com as amostras em pó; para a análise estrutural das amostras foram utilizados: o difratômetro de raios-X da Rigaku, modelo miniflex 600 e o espectrofotômetro Ultravioleta-Visível modelo UV-2450, da Shimadzu; por fim, a estufa de secagem e o forno tipo mufla são da marca Quimis e a balança analítica da Bel Engineering.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Emulsões e Precursores

Nos precursores dopados, empregou-se 1% de íon Térbio com o intuito de substituir em 1% do número de mol de átomos do estrôncio presente na matriz. Como na dopagem os íons terras raras ocupam sítios que pertencem ao estrôncio, isso provocou uma discordância total da estrutura, que ocorre através de defeitos na rede cristalina seja ela, vacâncias ou defeitos intersticiais.

Assim, analisando os aspectos físicos para cada uma das emulsões obtidas, Figura 1, observou-se que em solução cujo pH=0, a coloração e o tamanho das micelas formadas se apresentaram de forma bem distintas das outras emulsões.

Essa diferença na coloração, relaciona-se com a dissolução incompleta do óxido de térbio e com as impurezas restantes após essa etapa, as quais, presente em solução, foram englobadas durante o processo de formação das micelas adquirindo assim, essa coloração marrom que, por sua vez, é característico do óxido do terra-rara em questão.

Em relação ao tamanho das micelas, verificou-se que as partículas apresentadas na Figura 1A muito se distanciam, quanto ao seu raio, das demais. Esta observação deve ser atribuída, em um primeiro instante, à influência proporcionada pelo pH da solução que provocou um deslocamento no equilíbrio da reação, devido a contribuição de prótons pela água através da sua auto-protólise, conduzindo o equilíbrio no sentido da formação dos reagentes.

Consequentemente, as micelas sofreram uma desestabilização sendo então refletida no diâmetro das mesmas. Assim, devido ao pH da solução da Figura 1B e da Figura 1C serem muito próximos, pH 3 e pH 4, respectivamente, as micelas formadas tiveram diâmetros semelhantes entre si, reafirmando a hipótese de que o pH do meio é o principal responsável pela observação física.

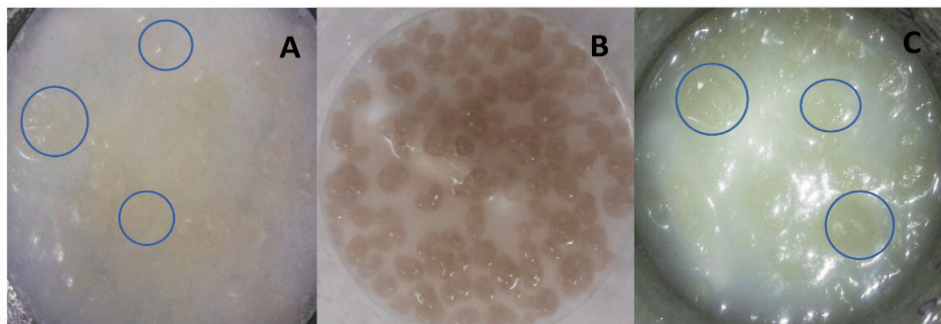


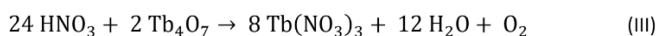
Figura 1. Emulsões com micelas obtidas mediante síntese. A) Emulsão em pH 3 (referência); B) Emulsão com solução em pH 0; C) Emulsão com solução em pH 4.

Paralelamente, uma vez prontas, essas emulsões foram submetidas ao processo de secagem na estufa e ao final deste, obtiveram-se os chamados precursores, materiais os quais apresentam em sua composição tanto matéria orgânica quanto inorgânica.

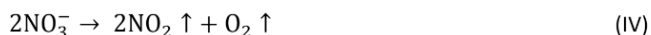
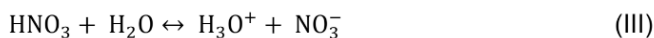
Essa etapa foi de extrema importância pois nela ocorreu a evaporação do maior volume de água presente na amostra. Tendo em vista que as soluções iniciais são incolores e com base em outros trabalhos realizados no nosso grupo de pesquisa, verificou-se que a coloração amarelada presente nos precursores, provém da hipótese do aprisionamento dos íons Sr^{2+} e Al^{3+} na matriz do material, gerados a partir da decomposição dos nitratos que, atrelado a evaporação da água e do íon nitrato presentes na solução, provocaram a liberação do dióxido de nitrogênio, NO_2 , equação II, um gás de coloração marrom.



Nos precursores obtidos a partir das emulsões dopadas com o terra-rara, a presença de um ácido forte para a dissolução deste foi indispensável, já que o óxido de térbio supracitado é insolúvel apenas em água. Dessa forma, optou-se por utilizar o ácido nítrico por dois motivos: primeiro, por proporcionar uma uniformidade quanto ao ânion utilizado, NO_3^- , assegurando uma diminuição de interferentes; e segundo, por reduzir os custos do trabalho, já que há uma facilidade do ácido nítrico junto ao óxido em questão, em formar o sal de térbio, nitrato de térbio III, Equação III, que é facilmente decomposto por se tratar de um nitrato em que, todos eles são solúveis.



Nessa etapa, o ácido nítrico encontra-se quase que completamente ionizado no meio aquoso na forma de próton hidratado, H_3O^+ , e no íon nitrato, NO_3^- . Com o aquecimento proporcionado devido a transferência de temperatura através da chapa de aquecimento, a água presente na solução é evaporada, assim como, o íon nitrato que, quando submetido a uma temperatura acima de 72°C sofre uma decomposição parcial com a formação de dióxido de nitrogênio e gás oxigênio, como mostram as equações III e IV, a seguir.



Dessa forma, ao promover contínuas etapas de evaporação e reposição de água no sistema, promoveu-se também, a liberação dos gases proveniente da decomposição dos íons nitratos, resultando numa redução na concentração de ácido nítrico presente na solução, conseqüentemente, a elevação do valor do pH.

3.2 Caracterização térmica dos precursores

As amostras foram submetidas ao TG e ao DTA, o que permitiu a observação e o acompanhamento da redução na massa em função da temperatura, frente a uma amostra

de referência. A fim de identificar e facilitar a visualização de todas as perdas de massa presentes na curva do TG, optou-se por utilizar a técnica do DTG, que é responsável por fornecer a primeira derivada da curva do TG, em função do tempo ou temperatura, substituindo os patamares de perda presentes por picos.

Para tanto, fez-se necessário o conhecimento das propriedades físicas e químicas dos reagentes utilizados no processo de síntese dos precursores, já que, a partir desses dados tornou-se possível prever o comportamento desses reagentes no precursor, quando submetidos a variação de temperatura, facilitando a associação dos mesmos aos picos presentes na Figura 2.

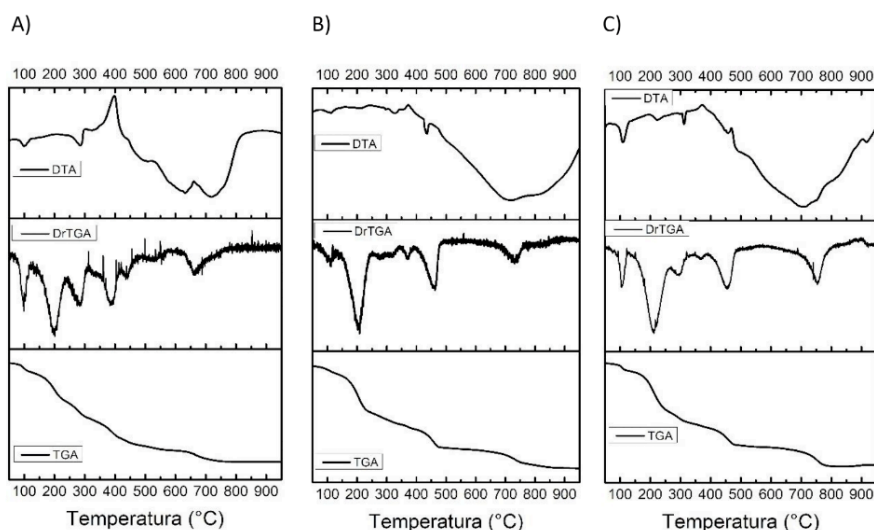


Figura 2. Curvas do TG e DTG para os precursores puro e dopados. A) Precursor com pH 3 (referência); B) Precursor com pH 0; C) Precursor com pH 4.

Sendo assim, observou-se em todos os precursores, A, B e C, um pico na região próxima dos 100 °C, associado a perda de água presente no material, através do processo de evaporação. Para o pico próximo de 200 °C, associa-se que o mesmo resulte da decomposição do nitrato de alumínio, enquanto que, o pico presente na região entre 300 °C a 400 °C pode estar vinculado com a decomposição do PVA. Por último, o pico exibido na região de 600 °C a 800 °C é oriundo da fusão e decomposição do nitrato de estrôncio, além da eliminação de toda e qualquer matéria orgânica que ainda se fazia presente no precursor.

Paralelo ao DrTG, realizou-se a análise do DTA que, atribuiu aos picos processos endotérmicos ou exotérmicos, com base na diferença do comportamento químico ou físico da amostra. Dessa forma, os picos endotérmicos próximos de 100 °C, comum a todos os precursores, correspondem ao amolecimento do material, ou seja, o aumento da

temperatura provoca uma mudança em seu estado físico e, ao processo de evaporação da água, reafirmando a hipótese apresentada pelo DrTG.

Para a região próximo de 400 °C a presença de um pico exotérmico em todos os precursores, sugere que o mesmo esteja relacionado com a combustão do PVA. Todavia, esse pico se apresenta de forma muito mais intensa para o precursor A, devido maior efetivação do complexo formado pelo polímero e os íons estrôncio e alumínio, já que, o PVA quando em solução extremamente ácida, nesse caso pH 0, tem seus grupos –OH totalmente protonados, o que facilita a interação do mesmo com os íons e a inserção destes na matriz.

A região de 600 °C a 800 °C apresentou um largo pico endotérmico que reafirmou a hipótese de eliminação de resíduo orgânico além da eliminação da água de cristalização presente no material sugerido na técnica do DTG. Entretanto, para o precursor A, especificamente, observou-se que esse pico se apresentou em duas bandas endotérmicas devido a uma maior energia fornecida ao nitrato de estrôncio para que houvesse, primeiro, o rompimento do complexo formado com o PVA e, posteriormente, a decomposição do mesmo.

Por fim, observou-se que, apenas o precursor C, na região próximo de 900 °C, apresentou um suave pico exotérmico proveniente da formação de óxidos de estrôncio e/ou de alumínio, devido a incorporação de oxigênio presente na atmosfera o qual o processo de queima foi realizado.

3.3 Caracterização Estrutural

3.3.1 Difração de Raio X

Os aluminatos de estrôncio podem formar várias fases cristalográficas, Figura 3, e para identificá-las fez-se o uso do programa High Score, cujo banco de dados é fornecido online e gratuitamente pelo Crystallography Open Database, e do artigo de Sun et al., 2013 como auxílio.

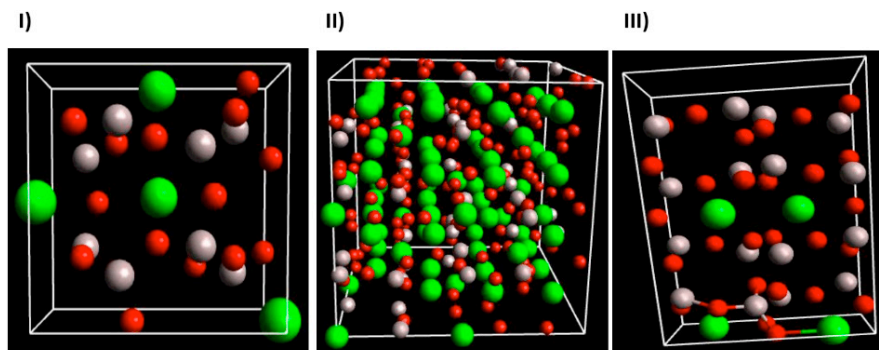


Figura 3. Estrutura cristalina das fases: I) SrAl_2O_4 , II) $\text{Sr}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ e III) SrAl_4O_7 .

Alguns aspectos importantes foram observados quanto a análise dos difratogramas obtidos. O primeiro aspecto foi o polimorfismo presente em todos os aluminatos, Figura 4. A presença de mais de uma fase no material deve-se a diversos fatores, dentre eles, a taxa de aquecimento e a temperatura a qual o material foi submetido, tanto no processo de tratamento térmico quanto no resfriamento do mesmo, assim como, a estequiometria no sistema SrO: Al₂O₃ que define a proporção de estrôncio e de alumínio presente na amostra.

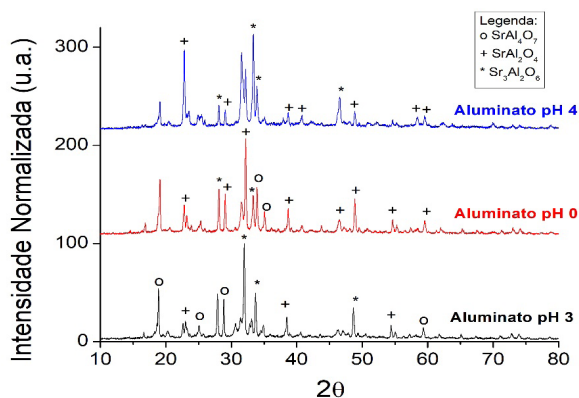


Figura 4. Difratogramas dos raios-X para os aluminatos puro e dopados.

O segundo aspecto foi o deslocamento dos picos experimentados para os aluminatos dopados em pH 0 e pH 4, quando comparados ao aluminato em pH 3, sem dopante. Esse deslocamento está diretamente ligado aos defeitos provocados pela entrada do lantanídeo (Tb³⁺) na matriz, uma vez que, os íons trivalentes conseguem substituir parcialmente os íons Al³⁺ na rede cristalina do material, devido a semelhança entre os raios iônicos, a carga elementar 3+ e, também, à proximidade no valor da eletropositividade dos íons (Strek et al, 2000).

O terceiro e último aspecto observado foi em relação a intensidade entre os picos análogos, em que se observa alterações decorrentes deles estarem diretamente ligados na determinação do plano de crescimento do cristal e, conseqüentemente, no plano de difração quando o material cristalino é submetido ao feixe de raios-X monocromático.

Avaliando-se a influência quanto ao valor do pH, notou-se que ele foi o principal responsável pela formação das fases cristalográficas apresentadas pelos aluminatos de estrôncio. Em ambos os aluminatos as fases SrAl₂O₄, Sr₃Al₂O₆ e SrAl₄O₇ se fizeram presentes, sendo esta última a de caráter majoritário, corroborando a ideia de que o Al foi inserido em uma proporção maior do que o Sr, tendo em vista o sistema SrO: Al₂O₃.

Entretanto, é de suma importância ressaltar que, mesmo havendo similaridade na fase majoritária obtida, as proporções em que todas as fases se desenvolveram dentro do

crystal não foram as mesmas, Quadro 1 e, isto é decorrente do efeito provocado pelo pH no preparo do material, já que o mesmo influencia na morfologia e quantidade de produto cristalizado de uma solução.

Dessa forma, quanto mais ácido for o meio, maior será a complexação dos íons na matriz, maior a efetividade na acomodação dos íons dopantes e, portanto, haverá a formação de cristais menores que, preferencialmente, se organizarão de modo a ocupar um menor volume, como por exemplo, através do arranjo monoclinico presente na fase $SrAl_4O_7$, ao invés do cúbico presente na fase $Sr_3Al_2O_6$.

Aluminatos	Fases Cristalográficas (%)		
	$SrAl_2O_4$	$SrAl_4O_7$	$Sr_3Al_2O_6$
A (pH 0)	34,3	49,5	16,2
B (pH 3)	27,0	45,0	28,0
C (pH 4)	14,0	52,0	34,0

Quadro 1. Fases cristalográficas em % dos aluminatos.

3.4 Caracterização óptica

A onda eletromagnética quando em encontro com uma molécula, transfere sua energia a qual ao ser absorvida, promove-se, temporariamente, a um estado excitado. Essa energia de excitação é, em parte, convertida em energia cinética devido a colisão das moléculas excitadas com outras moléculas presente no meio, e/ou reemitida como fluorescência, em que a molécula em questão terá uma das possíveis quantidades discretas de energias descritas pela mecânica quântica, os níveis de energia.

A partir disso, a Figura 6 traz os espectros de excitação obtidos a partir dos aluminatos dopados, em que é possível observar inicialmente, uma pequena diferença quanto a intensidade de alguns picos, que podem ser justificados através dos defeitos proporcionados pela entrada dos íons do terra-rara na matriz.

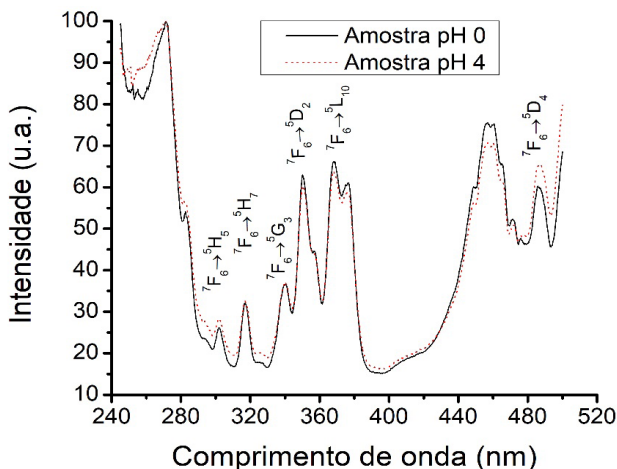


Figura 6. Espectros de excitação para os aluminatos dopados em pH 0 e pH 4. Comprimento de onda fixado em 550 nm.

Esses picos apresentados correspondem a transferência de energia não radioativa que, foi inicialmente absorvida pelos níveis de energia do terra-rara em uso, para o nível emissor principal, 5D_4 . Vale lembrar que nem toda energia que é transferida para o nível emissor será emitida, já que, as linhas de emissão estão diretamente ligadas a simetria do material, que por sua vez, define se determinada transição será ou não permitida, e assim possível de ser visualizada através do espectro de emissão.

Dessa forma, conseguinte a excitação, a molécula emitirá a energia que lhe foi transferida proporcionando um retorno ao seu estado fundamental ou a um nível mais baixo de energia, a qual pôde ser constatado a partir da emissão de luz na região do visível, através do fenômeno denominado fluorescência. Essa transição de energia é descrita através dos espectros de emissão obtidos a partir dos aluminatos dopados em questão, Figura 7.

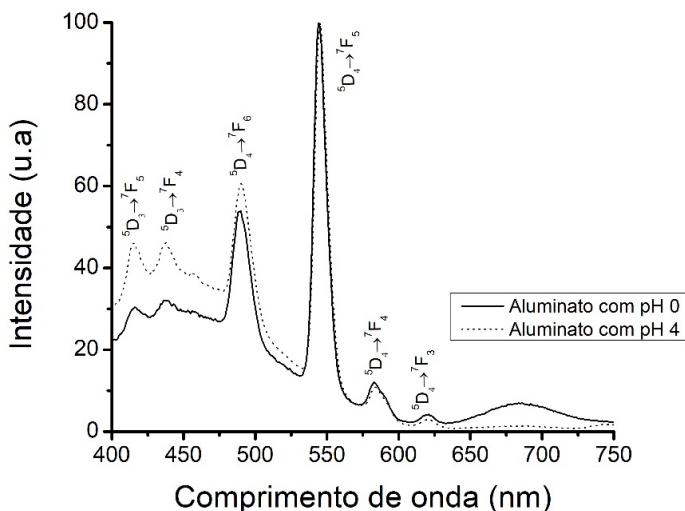


Figura 7. Espectros de emissão para os aluminatos dopados em pH 0 e 4.

Dentre todos os picos apresentados e identificados na Figura 7, nota-se que, para ambos os aluminatos, dois picos se mostraram bem intensos estando localizados na região próximo de 490,0 nm e em 545,0 nm, respectivamente, sendo este último o de maior intensidade.

Segundo Guedes, (2007), as possíveis transições do íon Tb^{3+} , tendo em vista, seu nível energético mais propício à ocorrência de emissão, 5D_4 , mostra que o pico presente em 490,0 nm corresponde a transição do 5D_4 para o 7F_6 com emissão da cor azul, enquanto o pico presente em 545,0 nm, de intensidade pronunciada, corresponde a transição do 5D_4 para o 7F_5 , com emissão de cor verde, característica do íon térbio em seu estado de oxidação 3+.

4 | CONCLUSÃO

Este trabalho teve como principal objetivo obter aluminatos de estrôncio através da modificação de um método muito comum para o processo de polimerização, entretanto, inovador na literatura brasileira.

Partindo desse objetivo, levou-se em consideração a variável pH, em que três amostras foram preparadas dentre as quais, duas continham o terra-rara Térbio, utilizado como dopante durante a síntese. A partir dessas amostras, análises para estudo do material obtido foram realizadas. A análise térmica, mostrou comportamentos similares, para os precursores puro e dopados, em relação a perda de massa (TG) e aos processos endotérmicos e exotérmicos fornecidos pelo DTA.

Entretanto, observou-se que para o precursor com pH 0, a intensidade dos picos

endo e exotérmicos fornecidos pelo DTA, assim como os picos de perda em massa, foram muito mais intensos frente ao precursor com pH 4 e ao precursor puro, cujo pH é 3, inferindo a influência do pH no processo de obtenção do precursor do aluminato de estrôncio, principalmente, devido ao comportamento do polímero PVA usado na complexação dos íons incorporados na matriz.

Através da caracterização por difração de raios-x foi possível concluir que a metodologia empregada com a utilização de uma emulsão reversa, em que neste o PVA atua na incorporação dos íons na matriz foi satisfatória, uma vez que, se obteve um material polimórfico, porém, com baixa cristalinidade, com uma fase majoritária rica em estrôncio, $\text{Sr}_3\text{Al}_2\text{O}_6$, e com propriedades luminescentes.

A baixa cristalinidade e polimorfismo do material obtido pode estar relacionado à presença do íon térbio em seu estado de oxidação 3+ proporcionando um defeito de carga, desordem na estrutura cristalina e, conseqüentemente, o aparecimento de picos indefinidos nos difratogramas.

Quanto a análise óptica realizada para os aluminatos de estrôncio, notou-se que ele apresentou o fenômeno da luminescência, através da emissão de luz verde na região visível do espectro eletromagnético, este proveniente do íon térbio em seu estado de oxidação 3+.

Por fim, os resultados obtidos através desse trabalho nos impulsionam a continuar com a aplicação deste método, tendo em vista, o seu aperfeiçoamento. Diversos fatores poderão ser introduzidos e avaliados de modo a contribuir para melhorar as propriedades ópticas do material obtido e do rendimento da síntese.

REFERÊNCIAS

BINNEMANS, K. et al. **Recovery of rare earths from industrial waste residues: a concise review.** In: Proceedings of the 3rd international slag valorization symposium: the transition to sustainable materials management, 2013.

GUEDES, M.A. **Comportamento fotoluminescente dos ânions complexos tretrakis (β -dicetonatos) de íons terras raras – Eu^{3+} , Gd^{3+} , Tb^{3+} e Tm^{3+} .** Tese de Doutorado. São Paulo, USP, 2007.

MACIEL, A.P. et al. **Método sol-gel modificado para obtenção de alumina nano-encapsulada com terras raras.** Cerâmica, São-Carlos-SP, v.51, p.52-57, 2005.

MEDEIROS, A.M.L. **Síntese e caracterização de nanopartículas de Cr_2O_3 através do método sol-gel proteico.** 2001. 99 f. Dissertação (Mestrado em ciências dos materiais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

MONTES, P.J.R. **Produção e caracterização de nano pós fosforescentes dopados com íons terras raras.** 2009. 135 f. Tese (Doutorado em física) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2009.

MONTES, P. J. R., VALERIO, M. E. G., AZEVEDO, G. DE M. **Radioluminescence and X-ray excited optical luminescence of SrAl₂O₄:Eu nanopowders.** Nucl. Instruments Methods Physical Res. Sect. B Beam Interact. with Materials Atoms, v. 266, p. 2923-2927, 2008.

STREK, W. P.; DERÉN, A.; BEDNARKIEWICZ, M.; ZAWADZKI, J. **Synthesis and luminescence properties of Eu⁺³ doped LaAlO₃ nanocrystals.** Journal Alloys & Compound, 300-301 (2000) 456-458.

TEIXEIRA, V.C. **Produção e caracterização de alumino silicatos luminescentes para aplicações industriais.** 2010. 91 f. Dissertação (Mestrado em ciências e engenharia de materiais) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2010.

TEIXEIRA, V. C., MONTES, P. J. R., VALERIO, M. E. G. **Structural and optical characterizations of Ca₂Al₂SiO₇:Ce³⁺, Mn²⁺ nanoparticles produced via a hybrid route.** Optical Materials (Amst), v.36, p. 1580-1590, 2014.

ZOCCAL, J.V.M. **Síntese e caracterização de nanopartículas de TiO₂ pelo método do precursor polimérico.** 2010.111f. Dissertação (Mestrado em engenharia química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 2010.

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 