

# FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 3



**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO  
(ORGANIZADORA)**

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 3



**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO  
(ORGANIZADORA)**

**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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Prof<sup>ª</sup> 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

## Força, crescimento e qualidade da engenharia civil no Brasil 3

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadora:** Franciele Braga Machado Tullio

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F697 Força, crescimento e qualidade da engenharia civil no Brasil 3 / Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-980-6

DOI 10.22533/at.ed.806211204

1. Engenharia civil. I. Tullio, Franciele Braga Machado (Organizadora). II. Título.

CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://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 obra “Força, Crescimento e Qualidade na Engenharia Civil no Brasil 3” contempla trinta e um capítulos com pesquisas sobre temas gerais da engenharia civil.

A engenharia civil é uma importante ferramenta social, pois através dela é possível apresentar propostas de edificações com fins sociais, bem como levar saneamento básico para comunidades vulneráveis.

Muitos estudos buscam trazer soluções sustentáveis através da engenharia civil. A aplicação de diversos tipos de resíduos pode gerar novos produtos aplicados na construção civil e pavimentação.

Conhecer o comportamento de materiais de construção, bem como o desenvolvimento de novos produtos, bem como a análise do comportamento de estruturas em diversos métodos construtivos auxilia os profissionais e estudantes a avaliar suas escolhas.

Por fim, apresentamos um estudo sobre o, ainda presente, preconceito que a mulher sofre na área de engenharia civil.

Desejo que esta obra proporcione uma agradável leitura e fomenta novas pesquisas, contribuindo para a força, o crescimento e a qualidade da engenharia civil no Brasil.

Franciele Braga Machado Tullio

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **A INFLUÊNCIA DO USO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE PEDRAS ORNAMENTAIS NAS PROPRIEDADES DE CONCRETOS E ARGAMASSAS**

Ana Flávia Ramos Cruz  
Cláudia Valéria Gávio Coura  
Arthur Ferreira de Paiva  
Lucas Machado Rocha  
Matheus Pereira Mendes

**DOI 10.22533/at.ed.8062112041**

### **CAPÍTULO 2..... 17**

#### **ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETOS PRODUZIDOS COM SUBSTITUIÇÃO PACIAL DO AGREGADO MIÚDO PELO RCD**

Lara Guizi Anoni  
Ana Paula Moreno Trigo

**DOI 10.22533/at.ed.8062112042**

### **CAPÍTULO 3..... 25**

#### **APROVEITAMENTO DE REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO COMO ADIÇÃO MINERAL À COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS**

Bruna Silva Almada  
Alex Sovat Cancio  
Marlo Souza Duarte  
Fernanda Galvão de Paula  
Nara Linhares Borges de Castro  
Abner Araújo Fajardo  
White José dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.8062112043**

### **CAPÍTULO 4..... 39**

#### **AVALIAÇÃO DE MICROESTRUTURA DE PASTAS CIMENTÍCIAS COM ADIÇÃO DE REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO DEPOSITADOS EM BARRAGEM DE LAMAS**

Nara Linhares Borges de Castro  
Laura Guimarães Lage  
Carlos Augusto de Souza Oliveira  
White José dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.8062112044**

### **CAPÍTULO 5..... 52**

#### **ESTUDO DA VIABILIDADE DA SUBSTITUIÇÃO DE AGLOMERANTE POR RESÍDUOS VÍTREOS NA PRODUÇÃO DE PAVIMENTO INTERTRAVADO DE CONCRETO**

Isabelle Aparecida Costa  
Ricardo Schneider

**DOI 10.22533/at.ed.8062112045**

<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>59</b>
LOGÍSTICA REVERSA COMO INSTRUMENTO SUSTENTÁVEL POTENCIALIZADOR PARA DIMINUIR O DESCARTE RESIDUAL	
Fernanda Francine Miranda Braz Maria Clara Pestana Calsa Adriane Mendes Vieira Mota	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8062112046</b>	
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>73</b>
FABRICAÇÃO DE CONCRETO LEVE ESTRUTURAL UTILIZANDO FIBRAS DE CURAUÁ (ANANASERECTIFOLIUS) E RESÍDUOS DE ARGILA CALCINADA COMO AGREGADO	
Isnailson Feitosa Pinheiro Hilderson da Silva Freitas Samuel Cameli Fernandes Laerte Melo Barros	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8062112047</b>	
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>85</b>
INTERFERÊNCIA DA CURA TÉRMICA NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO EM FORMULAÇÕES A BASE DE EGAF E FGD	
Eduarda Pyro Magesk Desilvia Machado Louzada Alessandra Savazzini dos Reis Viviana Possamai Della Sagrillo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8062112048</b>	
<b>CAPÍTULO 9.....</b>	<b>92</b>
PAINÉIS CIMENTO-MADEIRA PRODUZIDOS COM RESÍDUOS DE EUCALIPTO	
Rebeca Fernandes Balsalobre Marcos Rafael Radaelli Fernando Nunes Cavalheiro Gustavo Savaris	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8062112049</b>	
<b>CAPÍTULO 10.....</b>	<b>102</b>
REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE MADEIRA NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS APLICADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Lidianne do Nascimento Farias	
<b>DOI 10.22533/at.ed.80621120410</b>	
<b>CAPÍTULO 11.....</b>	<b>112</b>
ANÁLISE DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE CONCRETO ESTRUTURAL COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE CARBONO	
Luiz Fernando Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.80621120411</b>	

**CAPÍTULO 12..... 118**

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA MADEIRA TRATADA COM IGNIFUGANTES EM SITUAÇÕES DE INCÊNDIO**

Gustavo Souza Silva  
Ismael Francisco Dias Junior  
Mayra Kethlyn da Silva Nascimento  
Victor dos Santos Carneiro  
Maria Fernanda Quintana Ytza

**DOI 10.22533/at.ed.80621120412**

**CAPÍTULO 13..... 128**

**ESTUDO DE DOSAGEM DE CONCRETO LEVE COM RESISTÊNCIA PARA FINS ESTRUTURAIS**

Lucas Antônio Morais Oliveira  
Ingride Escaño  
Ana Lúcia Homce de Cresce El Debs

**DOI 10.22533/at.ed.80621120413**

**CAPÍTULO 14..... 142**

**INVESTIGAÇÃO DE REQUISITOS PARA ALVENARIA ESTRUTURAL**

Rayza Beatriz Rosa Araújo  
Walter Ladislau de Barros Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.80621120414**

**CAPÍTULO 15..... 155**

**PRODUÇÃO DE COMPOSTOS COM ÓXIDO DE EURÓPIO (EU<sub>2</sub>O<sub>3</sub>): DOPAGEM POR ALUMÍNIO (Al), FERRO (Fe), CARBONO (C), COBRE (Cu) E TITÂNIO (Ti) POR DEPOSIÇÃO DE VAPOR IÔNICO (ARC-PVD)**

Felipe Corrêa Ribeiro  
Célio Marques  
Daniel Rodrigues de Oliveira Novaes  
Gilmar de Souza Dias  
Isabelle Pereira Souza Dias  
Isac Rossi Sylvestre  
João Paulo Tailor de Matos Salvador  
Júllia Sttefane de Oliveira  
Lorena Silva Castello  
Maykon Elias Batista  
Rodrigo Vieira Rodrigues  
Tales Costa de Freitas

**DOI 10.22533/at.ed.80621120415**

**CAPÍTULO 16..... 165**

**A INFLUÊNCIA DAS PONTES TÉRMICAS NO DESEMPENHO TÉRMICO, ENERGÉTICO E NAS ESTRUTURAS DAS EDIFICAÇÕES DA BAIXADA SANTISTA**

Edmar Nascimento Lopes  
Rodrigo Onofre de Oliveira  
Itamar Gonçalves da Silva

Rodrigo Coelho Roberto

DOI 10.22533/at.ed.80621120416

<b>SOBRE A ORGANIZADORA.....</b>	<b>175</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>176</b>

# CAPÍTULO 15

## PRODUÇÃO DE COMPOSTOS COM ÓXIDO DE EURÓPIO ( $\text{Eu}_2\text{O}_3$ ): DOPAGEM POR ALUMÍNIO (Al), FERRO (Fe), CARBONO (C), COBRE (Cu) E TITÂNIO (Ti) POR DEPOSIÇÃO DE VAPOR IÔNICO (ARC-PVD)

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 05/01/2021

### **Felipe Corrêa Ribeiro**

IFES - Campus Vitória - Departamento de Engenharia Mecânica  
Vila Velha - Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/3404425559050543>

### **Célio Marques**

IFES - Campus Vitória - Departamento de Engenharia Mecânica  
Vitória - Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/2953215667664084>

### **Daniel Rodrigues de Oliveira Novaes**

IFES - Campus Vitória - Departamento de Engenharia Metalúrgica  
Serra - Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/2673709119389276>

### **Gilmar de Souza Dias**

IFES - Campus Vitória - Departamento de Engenharia Mecânica  
Vitória - Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/2953215667664084>

### **Isabelle Pereira Souza Dias**

IFES - Campus Serra - Departamento de Engenharia Mecatrônica  
Serra - Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/5659802313168539>

### **Isac Rossi Sylvestre**

IFES - Campus Vitória - Departamento de Engenharia Elétrica  
Cariacica - Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/8823561778070736>

### **João Paulo Tailor de Matos Salvador**

IFES - Campus Vitória - Departamento de Engenharia Metalúrgica  
Vitória - Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/0810794725265347>

### **Júlia Sttefane de Oliveira**

IFES - Campus Vitória - Departamento de Engenharia Metalúrgica  
Serra - Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/9381515274286142>

### **Lorena Silva Castello**

IFES - Campus Vitória - Departamento de Engenharia Metalúrgica  
Serra - Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/4586102751051621>

### **Maykon Elias Batista**

IFES - Campus Vitória - Departamento de Engenharia Metalúrgica  
Serra - Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/5659802313168539>

### **Rodrigo Vieira Rodrigues**

IFES - Campus Vitória - Departamento de Engenharia Metalúrgica  
Vitória - Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/7475013712371718>

### **Tales Costa de Freitas**

IFES - Campus Vitória - Departamento de Engenharia Metalúrgica  
Vitória - Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/5200399018205860>

**RESUMO:** Apresentamos resultados de produção e caracterização de amostras obtidas

pela técnica de Arc-PVD através da utilização de um reator a plasma de Hidrogênio (H), contendo  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  buscando a dopagem do mesmo por Alumínio (Al), Ferro (Fe), Carbono (C), Cobre (Cu) e Titânio (Ti). Observamos algumas alterações importantes no contexto da caracterização por fotoluminescência nos tempos de decaimento entre transições típicas do  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  assim como picos de DRX característicos que indicam que a dopagem possa ter ocorrido. Medidas complementares de Espectroscopia Mossbauer foram realizadas na amostra contendo Ferro, assim como medidas magnéticas com SQUID. Observou-se nestas medidas o comportamento paramagnético predominante do  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  no SQUID e os picos característicos do Ferro metálico no Mossbauer.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ciência de Materiais, Caracterização microestrutural, Caracterização magnética, Arc-PVD, Heteroestruturas.

## PRODUCTION OF COMPOUNDS WITH EUROPIUM OXIDE ( $\text{Eu}_2\text{O}_3$ ): DOPPING BY ALUMINUM (Al), IRON (Fe), CARBON (C), COPPER (Cu) AND TITANIUM (Ti) BY IONIC VAPOR DEPOSITION (ARC-PVD)

**ABSTRACT:** We present results of production and characterization of samples obtained by the Arc-PVD technique through the use of a hydrogen(H) plasma reactor, containing Europium Oxide ( $\text{Eu}_2\text{O}_3$ ) seeking the doping of it by Aluminum (Al), Iron (Fe), Carbon (C) Copper (Cu) and Titanium (Ti). We observed some important changes in the context of photoluminescence characterization in the decay times between typical  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  transitions, as well as characteristic XRD peaks that indicate that doping may have occurred. Complementary measurements of Mossbauer spectroscopy were performed on the sample containing iron, as well as magnetic measurements by SQUID. It was observed in these measures the predominant paramagnetic behavior of  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  on SQUID and the characteristic peaks of metallic iron on Mossbauer.

**KEYWORDS:** Materials Science, Microstructural Characterization, Magnetic Characterization, Arc-PVD, Heterostructures.

## 1 | INTRODUÇÃO

A busca por novos materiais tem sido uma mola propulsora de desenvolvimento em tecnologia desde a revolução induzida pela Mecânica Quântica no final dos anos 20 com a invenção do transistor[1]. Desde então, diferentes técnicas têm sido empregadas na produção de materiais com características físicas (micro ou macroscópicas) que possam levar a novas descobertas e a novos dispositivos tecnológicos. Estas técnicas de produção de materiais, podem se diferenciar pelas variáveis físicas usadas e podem ser extremamente dispendiosas, sendo inacessível para muitos centros de pesquisa básica, já que algumas requerem o controle fino das variáveis físicas dos processos, altos vácuos ( $10^{-12}$  torr) ou altas pressões no outro extremo.

Dentre os objetos de maior interesse nesses estudos podemos citar:

- Materiais estruturais de alta temperatura (por exemplo, intermetálicos e cerâmicos monolíticos e compostos);
- Polímeros de cristal líquido e estruturas em camadas periódicas de cobre-ní-

quel;

- Heteroestruturas multicamadas como cerâmicas supercondutores à base de Ítrio, Bário e Cobre (YBCo);
- Revestimentos avançados como por exemplo, filmes de diamante e embalagem eletrônica);
- Materiais com características ópticas de interesse;
- Tubos nanométricos de Carbono;
- Grafeno em qualquer escala;

Neste trabalho reportamos alguns resultados iniciais, obtidos para um sistema composto de Óxido de Európio ( $\text{Eu}_2\text{O}_3$  a 99.9%) sendo substrato para inserção de diferentes elementos químicos através da técnica de deposição química de vapor (Arc-PVD)[2], sendo que para otimização do processo de vaporização ou elevação da concentração de íons dopantes, fez-se uso da técnica gaiola catódica tipo Nest[3].

Os elementos escolhidos como dopantes foram Alumínio (Al), Ferro (Fe), Cobre (Cu) e Titânio (Ti). O objetivo central deste capítulo é mostrar que com uma técnica de custo relativamente baixo, pode-se produzir materiais com fases importantes no contexto da pesquisa básica em ciência de materiais.

O trabalho divide-se como segue:

Na seção 2, fazemos a descrição do reator RDS e dos procedimentos utilizados para a produção das amostras pela técnica Nest;

Na seção 3 mostramos as caracterizações das amostras produzidas, a seção 4 conclui o trabalho;

Na Seção 2 descreve-se o Reator de produção tipo Arc-PVD e a produção das amostras;

A caracterização é discutida na seção 4 enquanto na seção 5 apresentamos as conclusões parciais da pesquisa;

## **2 | REATOR DE PRODUÇÃO TIPO ARC-PVD E A PRODUÇÃO DAS AMOSTRAS**

Para realizar a deposição, foi colocada uma amostra de  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  na forma de pó em um substrato de vidro. Este conjunto foi colocado dentro do reator de nitretação a plasma. Por cima da amostra foi colocado uma espécie de ninho feito com lã de aço. O reator foi configurado de forma que a pressão de operação fosse 0.1 torr e as temperaturas máxima atingida no plasma do entorno da amostra esteve sempre no intervalo entre 200 e 500 °C. Após um período de tempo em operação, aproximadamente 2 horas, pode-se observar a formação do plasma em torno do ninho de lã de aço, que foi a fonte de Ferro utilizada para a dopagem do Európio. A amostra foi resfriada dentro do forno, e após isso

foi retirada com cautela.



Figura 1: Deposição de Fe sobre o  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ . Observa-se no vidro um filme de Óxido de Ferro após o tratamento no reator.



Figura 2: Reator de nitretação a plasma – Modelo: Thor NP300. Fabricante: SDS Plasma.

### 3 | PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS E CARACTERIZAÇÕES

Experimentos típicos de Arc-PVD foram realizados usando Al, Fe, C, Cu e Ti, o óxido  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  (99,9% de pureza) foi adquirido da Aldrich. A atmosfera de gás foi controlada com vazão constante mantendo um vácuo da ordem de 0.1 torr. A temperatura do plasma foi controlada na faixa de 150 - 500° C sendo a rampa de aquecimento não sendo bem definida para nenhuma das amostras, pois não temos ainda a metodologia para tal controle fino no equipamento utilizado. Entretanto, o objetivo deste projeto foi o de avaliar a possibilidade de dopagem ou não do  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  e verificar se houve esta dopagem através de uma posterior caracterização das amostras. A pressão de trabalho durante a deposição foi mantida a 0.1 torr usando a atmosfera de H nas amostras.

### 3.1 Preparações de amostras dopadas com $\text{Eu}_2\text{O}_3$ como substrato pelo método ARC-PVD

A deposição de Elementos  $M = [\text{Al}, \text{Fe}, \text{C}, \text{Cu} \text{ e } \text{Ti}]$  no  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  foi realizada usando o método Arc-PVD com uma vazão de gás portador em conjunção com uma bomba de vácuo de tal modo que o vácuo estivesse constante em 0.1 torr (Figura 3).

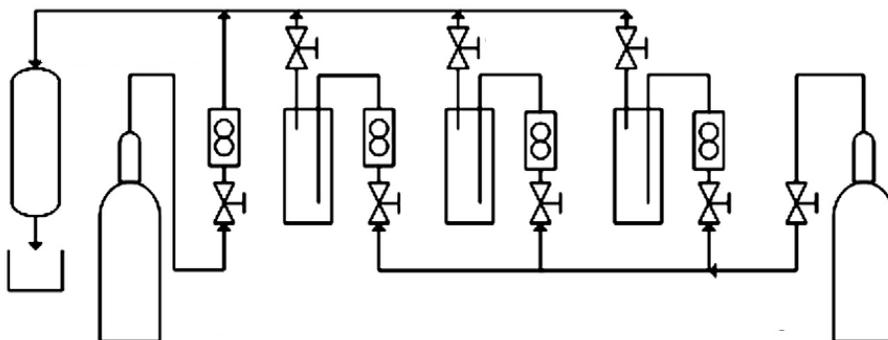


Figura 3. Condições esquemáticas e experimentais do aparelho **Arc-PVD** para geração de  $\text{EuO:M}$ ,  $M = [\text{Al}, \text{Fe}, \text{C}, \text{Cu} \text{ e } \text{Ti}]$ .

## 4 | CARACTERIZAÇÃO

Os padrões de difração de raios-X de pó (XRD) foram registrados com um difratômetro de raios-X de pó Rigaku D 2550 usando a linha  $K\alpha$  ( $\alpha = 0,15046 \text{ nm}$ ) do Cobre. Os espectros Raman foram medidos usando um espectrômetro Renishaw InVia Raman equipado com um microscópio óptico confocal DM2500 Leica. A medição da fotoluminescência foi realizada usando o espectrômetro de fluorescência FLS 980 da Edinburgh Instruments com lâmpada de xenônio como fonte de excitação, o braço de emissão foi fornecido com grade regulada e a resolução espectral foi de 0,1 nm.

A Figura 4 mostra o padrão de XRD do  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ : M, M = Elementos dopantes introduzidos por Arc-PVD. O difratograma padrão de  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  de acordo com JCPDS # 10-0059, 86-2476 sugere uma fase cristalina de fase pura. Este padrão exibe  $\theta$  (hkl) sendo  $\theta$  o ângulo do pico e (hkl) os índices de Miller, da figura tempo os valores: 21.12 (211), 28.54 (212), 33.06 (400), 42.48 (134), 47.39 (440) e 56.18 (662) como picos principais e grupo espacial  $C2/m$  (monoclínico) com parâmetros da célula:  $a = 14,110(2) \text{ \AA}$ ,  $b = 3,602(2) \text{ \AA}$ ,  $c = 8,808(2) \text{ \AA}$ .

A partir da observação dos difratogramas é possível observar que os picos correspondentes à 211 e 662 tem uma redução muito significativa nas amostras produzidas em relação ao difratograma padrão (veja a Figura 5), além disto a razão entre os picos 400 para 212 muda de aproximadamente 0.5 no DRX padrão para 0.25 nas amostras

produzidas. Isto pode indicar que houve uma mudança nos parâmetros de estrutura do  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ , sendo isto atribuído à duas causas que não se excluem em princípio:

- O tratamento térmico no reator levou à algum tipo de relaxação na estrutura do  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  levando à uma alteração nos parâmetros de rede associados a estes picos;
- Houve algum tipo de inserção dos elementos dopantes na estrutura do  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  levando à estas alterações;

Definir se 1 e/ou 2 foram a causa de tais modificações ou se ambas prescindem de maior detalhamento com outras técnicas de caracterização as quais discutiremos a seguir.

Em particular, foram realizadas medidas de fotoluminescência onde as propriedades óticas do  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  nos seus diversos canais de decaimento foram investigadas.

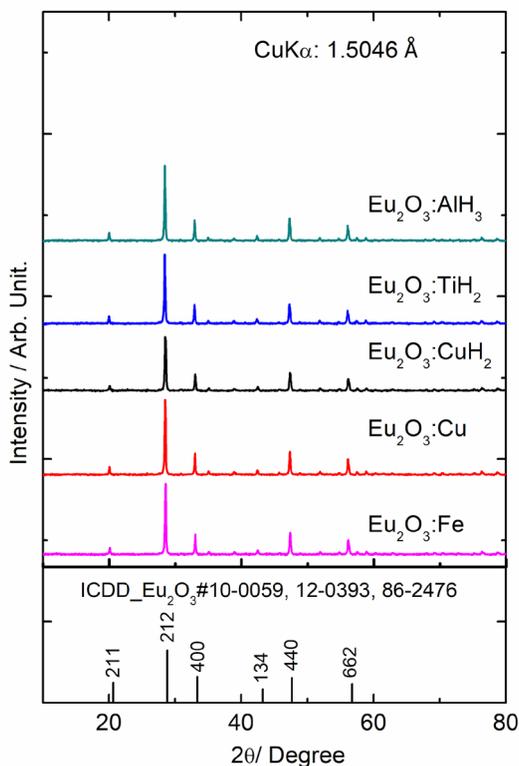


Figura 4 – Padrões de Raios X de  $\text{Eu}_2\text{O}_3:\text{M}$ ,  $\text{M} = [\text{Al}, \text{Fe}, \text{Cu}$  and  $\text{Ti}]$  obtidos em atmosfera de Hidrogênio a 0.1 torr.

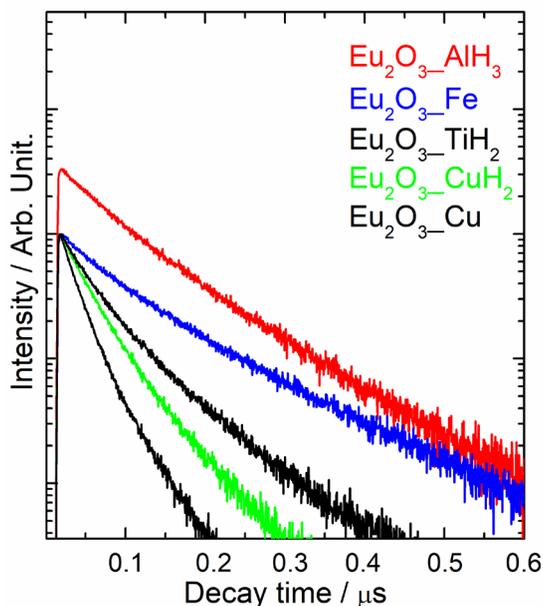


Figura 5: Gráficos linearizados da relaxação dos estados óticos do  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  para as diferentes amostras.

Estas curvas (Figura 5) mostram que houve uma mudança característica no tempo de decaimento para cada elemento dopante. Este efeito é coerente com a análise dos difratogramas que mostram alteração estrutural nas amostras produzidas.

Outras medidas de caracterização realizadas a partir da constatação acima foram encaminhadas. No caso das amostras contendo Fe, por ser este um elemento ferromagnético, procuramos observar a partir de uma medida de Squid se o paramagnetismo característico do  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  houvera sido influenciado de alguma forma, adicionalmente foi realizado para tomado para esta amostra um espectro Mossbauer em temperatura ambiente.

A despeito destas medidas adicionais não foi conclusivo se houve a dopagem ou não como veremos a seguir, porém acreditamos que com o aprimoramento do reator, adicionando um controle mais eficiente nos parâmetros físicos como temperatura, fluxo de gás do plasma e prevendo contaminantes espúrios que possam contribuir nas medidas, possamos obter melhores resultados no sentido de produzir novos materiais com o uso do Reator RDS juntamente com a técnica do NEST, que foi uma patente conseguida pelo grupo de pesquisa no contexto destes trabalhos.

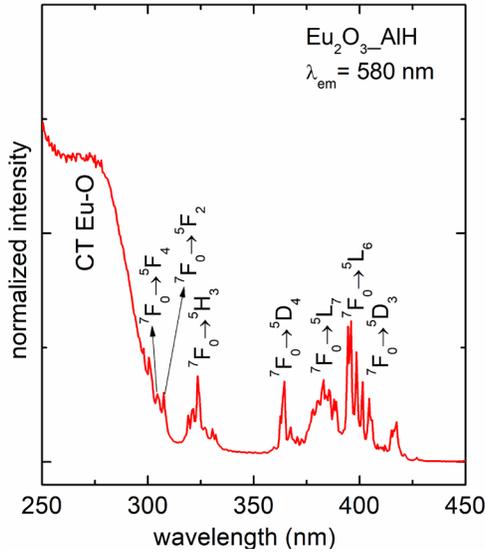


Figura 6. Transições características do Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub> não tratado.

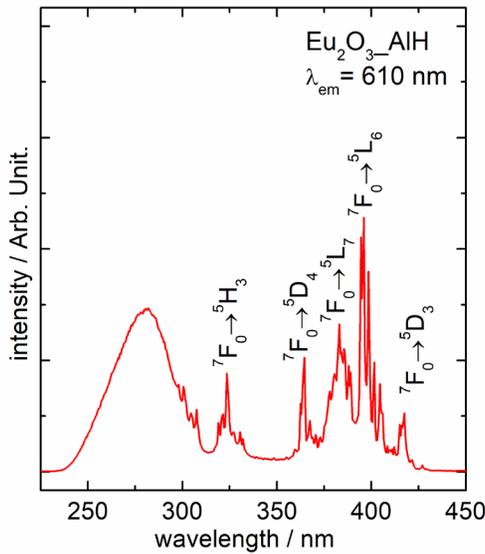


Figura 7. Transições características do Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tratado no reator em presença de vapor de Al como dopante. Não se nota mudanças significativas em ambos os espectros. A contribuição da fase com dopagem fica supressa em relação ao bulk.

Com a produção das amostras de Ferro (Fe) dopado com Óxido de Európio (Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), nos filmes finos produzidos a partir da técnica de aspersão e/ou arraste térmico a plasma, foi possível realizar a caracterização, com a técnica de Mössbauer. Para realizar a deposição, foi colocada uma amostra de Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub> na forma de pó em um substrato de vidro, para fornecer

o Fe ao sistema, foi colocado por cima da amostra, uma espécie de ninho feito de lã de aço, pode-se observar a formação do plasma em torno do ninho.

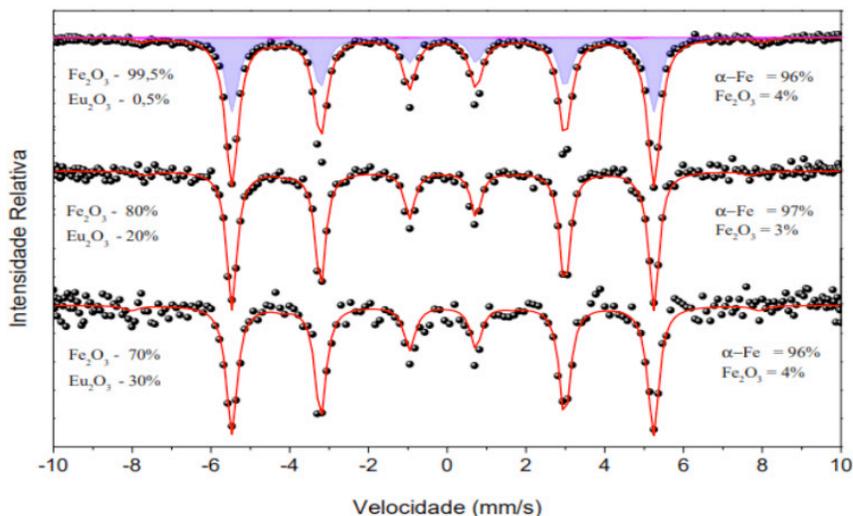


Figura.8: Resultado do Ensaio de Mössbauer.

A Fig. 8 apresentada, mostra que contém os três espectros Mössbauer medidos a 300 K. Estes espectros apresentam seis linhas simétricas de absorção ressonante, indicando que os átomos de Fe (núcleos) sentem a presença de um campo magnético hiperfino dos próprios átomos e sua vizinhança. Para uma maior compreensão da figura em anexo, temos que do lado esquerdo desta, estão as concentrações dos óxidos de Fe e Eu. Do lado direito, tem as fases Fe alfa (metálico) e uma pequena fração de óxido de Fe (3 ou 4 %). Estes resultados indicam que majoritariamente as amostras (ao medir o Fe) são formadas por ferro metálico (96 ou 97 %). Em resumo, não há nenhum indício, por menor que seja, de inclusão de átomos de Eu na matriz de Fe, por exemplo.

Descarta-se também a formação de qualquer outra fase de Fe-Eu e de seus respectivos óxidos misturados. Vemos que as frações de óxido de Fe (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) tiveram poucas mudanças entre as amostras, mas ficou em um máximo de 4%. Isto tem um reflexo grande na magnetização medida pela técnica de Squid, pois a magnetização, é a massa magnética dividida pelo volume. Sua massa magnética a 300K é de Fe metálico majoritariamente (96 - 97%) + óxido de Fe (4 - 3%). Sendo assim, mudanças nos valores de magnetização por volume deve-se esta mudança das frações das fases de Fe, já que à temperatura ambiente tanto Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Eu +2) quanto Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Eu +3), são paramagnéticos (não tem magnetização forte comparado com a magnetização das fases de Fe).

Após a deposição do Eu sobre o Fe, através da técnica de arraste térmico a plasma e

a técnica de caracterização usada, ensaio de Mössbauer, é possível concluir que é possível a formação de filme finos através do uso de lâ de aço, fornecendo o Ferro (Fe) para ser dopado com Óxido de Európio ( $\text{Eu}_2\text{O}_3$ ). Com os resultados obtidos através da análise do ensaio de Mössbauer, não é possível encontrar algo muito inovador.

Porém existe a sugestão de produção, através de um processo de redução do estado de valência do ferro de +3 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) para zero, que é conhecido como ferro metálico.

## 5 | CONCLUSÃO

A produção de amostras contendo  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  como substrato foi estudada dentro do contexto da técnica de Arc-PVD em atmosfera de H a 0.1 torr. As medidas de caracterização indicaram que picos de DRX característicos do óxido desapareceram, assim como a intensidade relativa entre eles demonstrou-se modificada. Isto pode estar indicando a dopagem em alguns sítios específicos na estrutura do óxido ou algum tipo de relaxação da estrutura como efeito advindo da temperatura devido ao arco voltaico do plasma sobre a amostra. Medidas adicionais de espectroscopia Mossbauer, SQUID e Raman foram encaminhadas para algumas das amostras e ainda com estas diferentes técnicas não podemos afirmar com certeza que os efeitos observados sejam devido à dopagem pretendida.

Como perspectivas futuras deste trabalho, propomos fixar a temperatura do substrato e refazer as caracterizações para conseguirmos retirar os possíveis efeitos de relaxação térmica que podem mascarar os efeitos da dopagem pretendida. Contudo isto implica numa alteração da geometria do equipamento de produção das amostras que é o reator do Arc-PVD. A técnica de deposição patenteada pelo grupo de pesquisa denominada de NEST, causa uma grande taxa de deposição para este aparelho e isto é algo potencialmente útil na produção de novos materiais, tanto na forma de compósitos com heteroestruturas como também de filmes finos, pois a densidade de vapor de íons dopantes apresenta-se substancialmente superior que em relação à outras geometrias previamente testadas pelo grupo de pesquisa para este fim.

## REFERÊNCIAS

[1] Eckert, M. and Schubert, H. **Crystals, Electrons, Transistors: From Scholar's Study to Industrial Research** (English edition of *Kristalle, Elektronen, Transistoren*, translated by Thomas Hughes, Published by American Institute of Physics, New York, 1990), pp. 106-109.

[2] A. Anders. **Cathodic Arcs: From Fractal Spots to Energetic Condensation**. (2008) Springer, New York.

[3] G.S. Dias, C. Marques, L.C. Gontijo, Tales C. Freitas. “**GAIOLA CATÓDICA COM CÁTODO TIPO NINHO - NEST**” depósito de patente no INPI sob o número: BR 10 2018 011627-4.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adição mineral ao cimento 25

Agregado leve 73, 75, 83, 128, 131, 133, 136, 138, 140

Agregados reciclados 17, 21, 23, 24

Alvenaria estrutural 51, 142, 143, 144, 145, 146, 149, 153, 154

Aproveitamento de resíduos 1, 25, 42, 108

Argila calcinada 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 83, 84, 140

Argila expandida 73, 75, 76, 79, 80, 81, 84, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 137, 138, 139, 140

### C

Cedrinho 118, 119, 120, 122, 125, 126

Cimentos com adições 25

Concreto estrutural 17, 112, 113, 128, 129, 138, 140

Concreto leve 73, 75, 76, 83, 84, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140

Concretos especiais 74, 112, 117

Construção civil 1, 2, 3, 4, 15, 17, 22, 23, 25, 26, 36, 37, 39, 41, 43, 52, 53, 58, 73, 74, 75, 76, 84, 86, 93, 94, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 110, 113, 118, 119, 120, 125, 126, 129, 139, 142, 143, 167

Cura térmica 85, 87, 88, 89

Custo 14, 52, 57, 61, 73, 93, 105, 109, 112, 117, 129, 143, 157

### D

Demolição 17, 23, 24

Dosagem de concreto 128, 133, 134

### E

Educação ambiental 59, 61, 63, 64, 65, 68, 70, 71, 72

Erros 142, 143, 146, 147, 153

Execução 33, 142, 143, 144, 145, 154

### F

Fibra de carbono 112, 113, 114, 117

Fibras de curauá 73, 78, 83

## **G**

Gerenciamento de resíduos 59, 104

Gesso FGD 85, 86, 87

## **I**

Ignífugo 118, 123, 125

Incêndio 30, 118, 120, 121, 122, 125, 126, 127

## **M**

Madeira-cimento 92, 96, 104

Materiais de construção 1, 15, 22, 43, 87

Meio ambiente 2, 50, 52, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 66, 68, 74, 75, 77, 90, 93, 101, 102, 103, 120, 127

Microestrutura 35, 39, 41, 42, 44, 45, 46, 50, 84, 132, 140

## **O**

Óleo vegetal usado 59, 66

## **P**

Painéis 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113

Painéis aglomerados 102, 105, 106, 107, 109, 110, 111

Painéis de partículas 102, 106

Painéis OSB 102, 106, 107, 109, 110, 111

Pasta 10, 27, 30, 31, 33, 35, 39, 41, 42, 44, 47, 48, 49, 75, 76, 83, 85, 88, 89, 91, 137, 138, 140

*Paver* 52, 53, 55, 56, 57

*Pinus pinaster* 118, 119, 124, 125, 126

Propriedades mecânicas 17, 23, 28, 36, 49, 57, 73, 80, 84, 87, 112, 113, 122, 133

## **R**

Reaproveitamento de resíduos 59, 85, 92, 102, 103, 104

Rejeito de mineração de ferro 25, 43, 49

Rejeito de minério de ferro 25, 37, 39

Requisitos 16, 90, 106, 109, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 153, 166

Resíduos de construção 17, 23, 24

Resíduos de madeira 92, 93, 94, 95, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110

Resíduos industriais 1, 2, 58, 85, 86, 87, 105, 111

Resíduos vítreos 52, 53, 58

Resistência 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 33, 34, 35, 36, 37, 41, 44, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 73, 75, 76, 77, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 99, 100, 105, 109, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 131, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 168

Resistência mecânica à compressão 81, 128

Rochas 1, 2, 3, 4, 5, 15, 16, 113, 130

## **S**

Substituição de aglomerante 52

Sustentabilidade 17, 39, 52, 59, 60, 72, 119, 127, 130

# FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 3



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)



[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



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



[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

**Atena**  
Editora

Ano 2021

# FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 3



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)



[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



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



[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

**Atena**  
Editora

Ano 2021