

Engenharias:

Da Genialidade à Profissão e
seu Desenvolvimento

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro
(Organizadores)



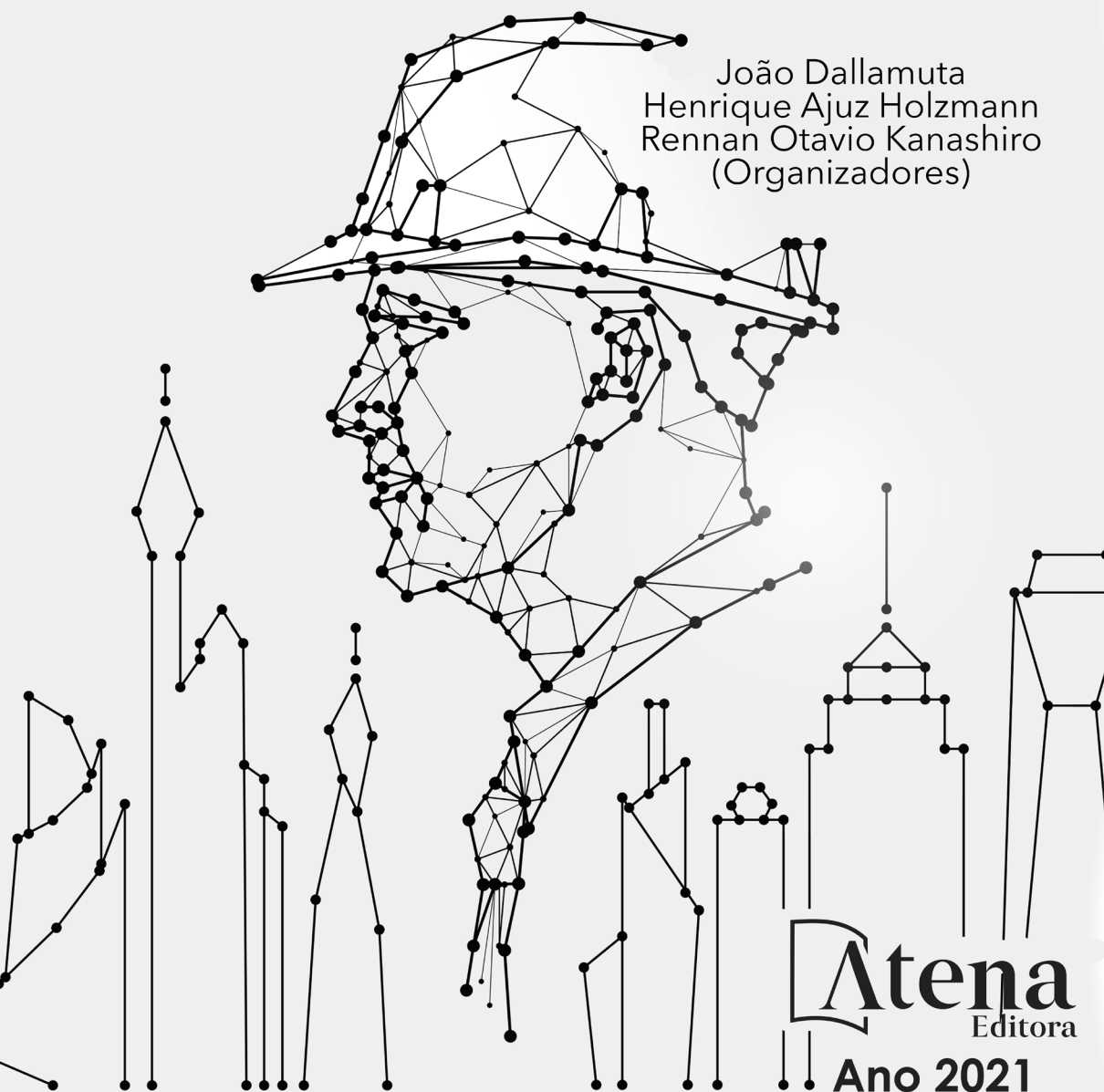
Atena
Editora

Ano 2021

Engenharias:

Da Genialidade à Profissão e
seu Desenvolvimento

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro
(Organizadores)



Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
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. Elói 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
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
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. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
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
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª 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
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl 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
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª 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. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
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
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
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 Miraniide 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. 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
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
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
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
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
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
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/UFGA
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 Fenomenología & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia 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
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
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. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
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 Silvío Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Engenharias: da genialidade à profissão e seu desenvolvimento

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia: da genialidade à profissão e seu desenvolvimento / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann, Rennan Otavio Kanashiro. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-071-8
DOI 10.22533/at.ed.718211205

1. Engenharia. I. Dallamuta, João (Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III. Kanashiro, Rennan Otavio (Organizador). IV. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

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

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

Neste livro optamos por uma abordagem multidisciplinar por acreditarmos que esta é a realidade da pesquisa em nossos dias.

A realidade é que não se consegue mais compartimentar áreas do conhecimento dentro de fronteiras rígidas, com a mesma facilidade do passado recente. Se isto é um desafio para trabalhos de natureza mais burocrática como métricas de produtividade e indexação de pesquisa, para os profissionais modernos está mescla é bem-vinda, porque os desafios da multidisciplinariedade estão presentes na indústria e começam a ecoar no ambiente mais ortodoxo da academia.

Aos pesquisadores, editores e aos leitores para quem, em última análise todo o trabalho é realizado, agradecemos imensamente pela oportunidade de organizar tal obra.

Boa leitura!

João Dallamuta

Henrique Ajuz Holzmann

Rennan Otavio Kanashiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANALYSIS OF ELEVATOR HINGE MOMENT IN AN UNMANNED AERIAL VEHICLE DESIGNED FOR SAE AERODESIGN COMPETITION USING CFD SIMULATION

Bruno Santos Junqueira
Daniel Coelho de Oliveira
Turan Dias Oliveira
Vinícius Carneiro Rios Machado

DOI 10.22533/at.ed.7182112051

CAPÍTULO 2..... 10

ANÁLISE DE ESTABILIDADE DE UM AEROMODELO ATRAVÉS DO SOFTWARE XFLR5

Marcos Paulo Azevedo
Igor Felice Souza Mosena
Renato de Sousa Maximiano
Erika Peterson Gonçalves

DOI 10.22533/at.ed.7182112052

CAPÍTULO 3..... 18

IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS ATRIBUTOS PARA O PROJETO DE UMA REDE CICLOVIÁRIA

Taiany Richard Pitilin
Luciana Mação Bernal
Otavio Henrique da Silva
Suely da Penha Sanches

DOI 10.22533/at.ed.7182112053

CAPÍTULO 4..... 32

ANÁLISE DE INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA UTILIZANDO AS FERRAMENTAS DE ECOEFICIÊNCIA

Filipe Batista Ribeiro
Bruno Guida Gouveia
Filipe Almeida Corrêa do Nascimento
Marcelino Aurélio Vieira da Silva
Antônio Carlos Rodrigues Guimarães
Priscila Celebrini de Oliveira Campos

DOI 10.22533/at.ed.7182112054

CAPÍTULO 5..... 49

DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE PASSAGEM EM JORNADA de SERVIÇO DE MAQUINISTAS

Marina Donato
Caio Almeida Arêas Reis
Paulo Roberto Borges
Mayara Souza Gomes
Débora Dávila Cruz Santos

Ana Flávia Moraes de Souza

DOI 10.22533/at.ed.7182112055

CAPÍTULO 6..... 63

PROJETO DE UM SISTEMA AUTÔNOMO PURO CC DE BAIXO CUSTO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Eliamare Alves da Silva

Danilo Medeiros de Almeida Cardins

Lizandra Vitória Gonçalves dos Santos

Kelvonn Henrique Matos de Oliveira Xavier

Jalberth Fernandes de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.7182112056

CAPÍTULO 7..... 75

APLICABILIDADE DE GEOSSINTÉTICOS EM OBRAS DE ENGENHARIA

Marcus Gabriel Souza Delfino

Juliângelo Kayo Sangi de Oliveira

Gabriela Callegario Santolin

DOI 10.22533/at.ed.7182112057

CAPÍTULO 8..... 87

ESTABILIZAÇÃO DE UM SOLO PLÁSTICO COM O USO DO RESÍDUO DE GESSO ACARTONADO DA INDÚSTRIA DE DRYWALL PARA APLICAÇÃO EM PAVIMENTAÇÃO

Lourena Ferreira Uchôa

Lilian Medeiros Gondim

DOI 10.22533/at.ed.7182112058

CAPÍTULO 9..... 102

POTENCIAL DA APLICAÇÃO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ALTERNATIVAS E SUSTENTABILIDADE

Aline Viancelli

Antônio Cristiano Lara Sampaio

Christian Antônio dos Santos

Daniel Celestino Fornari Bocchese

Denilson Lorenzatto

Helton Araujo Couto Carneiro

Luiz Fernando Broetto

Patrícia Aparecida Zini

Paula Roberta Silveira Málaga

Robison Ranieri Martins

Thiago Demczuk

William Michelin

DOI 10.22533/at.ed.7182112059

CAPÍTULO 10..... 109

THE PILOTIS AS SOCIOSPATIAL INTEGRATOR: THE URBAN CAMPUS OF THE CATHOLIC UNIVERSITY OF PERNAMBUCO

Andreyra Raphaella Sena Cordeiro de Lima

Maria de Lourdes da Cunha Nóbrega

Robson Canuto da Silva

DOI 10.22533/at.ed.71821120510

CAPÍTULO 11..... 124

DESAFIOS DO MUNICÍPIO DE SÃO DESIDÉRIO PARA PROMOÇÃO DO DIREITO AO SANEAMENTO BÁSICO SOB A ÓTICA DA POLÍTICA PÚBLICA MUNICIPAL

Amanda dos Santos Carteado Silva

Luiz Roberto Santos Moraes

DOI 10.22533/at.ed.71821120511

CAPÍTULO 12..... 132

DEGRADAÇÃO DE FACHADAS COM REVESTIMENTO CERÂMICO EM BRASÍLIA: ESTUDO DE CASO

Lukas Augusto Moreira

Nathaly Sarasty Narváez

Vanessa Nupán Narváez

DOI 10.22533/at.ed.71821120512

CAPÍTULO 13..... 151

EFEITO DE VARIÁVEIS-CHAVE DA MISTURA SOLO-CIMENTO NA DOSAGEM FÍSICO-QUÍMICA E COMPORTAMENTO MECÂNICO PARA BASE DE PAVIMENTOS

José Wilson dos Santos Ferreira

Diego Manchini Milani

Michéle Dal Toé Casagrande

Raquel Souza Teixeira

DOI 10.22533/at.ed.71821120513

CAPÍTULO 14..... 165

SERENS: DISCUTINDO O PRESENTE PARA TRAÇAR O FUTURO

Rosângela de Araújo Santos

Teresinha de Quadros Guilherme dos Santos

Jarbas Cordeiro Sampaio

Ernando Ferreira

Elisa Cristina de Barros Casaes

Aline Rita Pereira Hohenfeld

Eleilson Santos Silva

DOI 10.22533/at.ed.71821120514

CAPÍTULO 15..... 175

DIRT AND ABSORPTION TESTS IN PROTECTIVES FILMES APPLIED TO PHOTOVOLTAIC PANELS: A SYSTEMATIC REVIEW

Luciano Teixeira dos Santos

Alex Álisson Bandeira Santos

Joyce Batista Azevedo

Paulo Roberto Freitas Neves

DOI 10.22533/at.ed.71821120515

CAPÍTULO 16.....	183
DISPOSITIVOS PARA DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CRISTAIS DE GELO EM SOLUÇÃO DE GELO LÍQUIDO	
Ricardo Santos Nascimento	
Rennan Yie Yassu Nishimori	
Vivaldo Silveira Junior	
DOI 10.22533/at.ed.71821120516	
CAPÍTULO 17.....	196
VISÃO GERAL DOS INIBIDORES BIFUNCIONAIS A BASE DE TERRAS RARAS E SUAS APLICAÇÕES	
Célia Aparecida Lino dos Santos	
Fabiana Yamasaki Vieira Martins	
Rafael Augusto Camargo	
Zehbour Panossian	
DOI 10.22533/at.ed.71821120517	
CAPÍTULO 18.....	211
VARIABILIDADE GENÉTICA EM PROGÊNIES DE <i>Parkia platycephala</i> Benth	
Dandara Yasmim Bonfim de Oliveira Silva	
Séfora Gil Gomes de Farias	
Lucas Ferraz dos Santos	
Romário Bezerra e Silva	
Moema Barbosa de Sousa	
Grazielle Nunes Lopes dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.71821120518	
CAPÍTULO 19.....	224
LAPSUS TRÓPICUS E A DIALÉTICA DO ANTROPOCENO	
Karen Aune	
DOI 10.22533/at.ed.71821120519	
CAPÍTULO 20.....	240
TESTES DE CISALHAMENTO SIMPLES PARA ANÁLISE DA INTERFACE ADESIVA CONCRETO/ PRF ATRAVÉS DE ESTUDOS NUMÉRICOS	
Maicon de Freitas Arcine	
Nara Villanova Menon	
DOI 10.22533/at.ed.71821120520	
SOBRE OS ORGANIZADORES	259
ÍNDICE REMISSIVO.....	260

VISÃO GERAL DOS INIBIDORES BIFUNCIONAIS A BASE DE TERRAS RARAS E SUAS APLICAÇÕES

Data de aceite: 03/05/2021

Célia Aparecida Lino dos Santos

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado
de São Paulo S. A. - IPT
São Paulo-SP
Materiais Avançados - MA / Laboratório de
Corrosão e Proteção - LCP
IPT-MA-LCP

Fabiana Yamasaki Vieira Martins

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado
de São Paulo S. A. - IPT
São Paulo-SP
Materiais Avançados - MA / Laboratório de
Corrosão e Proteção - LCP
IPT-MA-LCP

Rafael Augusto Camargo

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado
de São Paulo S. A. - IPT
São Paulo-SP
Materiais Avançados - MA / Laboratório de
Corrosão e Proteção - LCP
IPT-MA-LCP

Zehbour Panossian

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado
de São Paulo S. A. - IPT
São Paulo-SP
Materiais Avançados - MA / Laboratório de
Corrosão e Proteção - LCP
IPT-MA-LCP

RESUMO: Os elementos de terras raras são utilizados tradicionalmente na fabricação de ímãs permanentes, materiais para polimento,

catalisadores para craqueamento do petróleo, catalisadores automobilísticos, ligas de magnésio, entre outros. Desde 2002, estudos envolvendo inibidores de corrosão a base de terras raras tem sido publicados e o conceito de inibidor de corrosão bifuncional vem crescendo, uma vez que são compostos ambientalmente amigáveis e livres de íons $\text{Cr}^{6+}/\text{Cr}^{3+}$. Este trabalho apresenta uma breve revisão bibliográfica sobre os principais inibidores funcionais a base de terras raras, como o salicilato, o cinamato e o dibutilfosfato de cério. Os compostos organofosforados são mais eficientes na proteção das ligas de alumínio, enquanto que os compostos derivados de ácidos carboxílicos são mais eficientes na proteção do aço-carbono. Além de discutir as suas aplicações, este trabalho explica a não eficiência do dibutilfosfato de cério na proteção do aço-carbono.

PALAVRAS-CHAVE: Inibidor de corrosão bifuncional, terras raras, ligas de alumínio, aço-carbono.

ABSTRACT: Rare earth elements are used traditionally in the manufacture of polishing materials, permanent magnets, polishing materials, catalysts for oil cracking, automobile catalytic converters, magnesium alloys, among others. Since 2002, studies involving corrosion inhibitors based on rare earths have been published and the concept of bi-functional corrosion inhibitor has been growing as they are environmentally friendly compounds and free from $\text{Cr}^{6+}/\text{Cr}^{3+}$ ions. This work presents a brief literature review on the main rare-earth based functional inhibitors, such as salicylate,

cinnamate and cerium dibutylphosphate. Organophosphorus compounds are more efficient for aluminum alloy protection while the compounds derived from carboxylic acids are more efficient for carbon steel protection. In addition to discuss rare-earth inhibitor applications, this paper explains the non-efficiency of cerium dibutylphosphate on carbon steel protection.

KEYWORDS: Bifunctional corrosion inhibitors, rare earths, aluminum alloys, carbon steel.

INTRODUÇÃO

As regulamentações atuais e as restrições quanto ao uso de substâncias tóxicas crescem constantemente e desencadeiam o desenvolvimento de novos compostos anticorrosivos para formulações de inibidores de corrosão, revestimentos de conversão, anodização, pigmentos inibidores, entre outros empregados na proteção contra a corrosão.

Devido à elevada toxicidade ambiental e aos riscos à saúde humana, os compostos convencionais anticorrosivos contendo metais pesados como os cromatos estão proibidos (1).

Os compostos que apresentam baixo risco ambiental e à saúde humana são denominados de “verdes” e muitos esforços têm sido empreendidos para o desenvolvimento dessas formulações (2–4).

Inseridos nesse contexto, encontram-se os compostos ambientalmente amigáveis para proteção contra a corrosão. A literatura registra muitos trabalhos envolvendo compostos contendo elementos de terras raras (TR) (5–23).

Os sais de TR, especificamente os cloretos de TR, destacam-se como inibidores de corrosão para as ligas de Al, Zn e aço (5, 7, 14). Eles atuam como inibidores catódicos pela formação de um filme composto por hidróxidos/óxidos de TR que bloqueiam as regiões catódicas do metal. A formação dos hidróxidos/óxidos de TR é devida à elevação do pH local pela reação de redução do gás oxigênio. Os óxidos de TR formados ultrapassam os seus limites de solubilidade na interface metal/meio e precipitam formando um filme (8).

No início dos anos 2000, um grupo australiano da Universidade de Monash propôs uma nova abordagem de inibidores de corrosão empregando compostos de TR. Eles combinaram os inibidores catódicos de TR com compostos orgânicos (5-15, 17) ou inorgânicos (7, 14, 18, 20-22) com ação de inibição anódica. As combinações obtidas foram denominadas de inibidores de corrosão bifuncionais a base de TR.

Foram sintetizados o salicilato de cério, $Ce(sal)_3$ (5-7), o dibutilfosfato de cério, $Ce(dbp)_3$ (8-14), o cinamato de cério, $Ce(cin)_3$ (15-17), o difenilfosfato de cério, $Ce(dpp)$ (17) e o difenilfosfato de *mischmetal*, $Mm(dpp)_3$ ¹ (17).

A maioria dos trabalhos estudou o mecanismo de proteção e as características sinérgicas desses inibidores para substratos de Al e suas ligas. Destacou-se, principalmente, que os inibidores bifuncionais de TR combinam mecanismos diferentes de proteção contra a corrosão em um único composto e demonstram sinergia e um excelente nível de proteção

1 Mm – representação de *mischmetal* que, por sua vez, é uma mistura contendo Ce, La e Nd.

contra a corrosão para Al e suas ligas sem quaisquer impactos ambientais negativos (9-14, 16-18, 22).

Comparando-se a quantidade de artigos publicados sobre inibidores bifuncionais para Al e suas ligas com as publicações voltadas para aço-carbono, verifica-se que há poucas publicações dedicadas aos estudos com aço-carbono (5-7, 15).

Considerando a lacuna existente na literatura sobre o mecanismo de atuação dos inibidores de corrosão bifuncionais para o aço-carbono, o objetivo deste trabalho é o de investigar a eficiência de proteção do dibutilfosfato de cério, $\text{Ce}(\text{dbp})_3$, que é um dos mais estudados compostos a base de cério, como potencial inibidor de corrosão para substratos de aço-carbono em solução de NaCl 0,05 mol/L e pH próximo da neutralidade.

Para isto, foram realizados ensaios de imersão de curta e longa duração com a determinação das taxas de corrosão, análises por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e quantificações semiquantitativas por energia dispersiva de raios X (EDS). Além disso, ensaios eletroquímicos (potencial de circuito aberto, PCA e curvas de polarização) também foram realizados.

METODOLOGIA

A síntese do $\text{Ce}(\text{dbp})_3$ foi descrita pela primeira vez por Behrsing (apud 9) que empregou nitrato de cério hexa-hidratado e fosfato de dibutil na razão estequiométrica.

Nesse trabalho, o composto $\text{Ce}(\text{dbp})_3$ foi sintetizado e doado pelo *MPIKG – Max Planck Institute of Colloids and Interfaces*. O $\text{Ce}(\text{dbp})_3$ foi analisado por TGA/DTG (picos a 199 °C, 235 °C e 270 °C) e UV-VIS (bandas de absorção em 219 nm, 240 nm e 252 nm), resultados semelhantes a (23).

Soluções de ensaio

A solução aquosa de NaCl 0,05 mol/L foi utilizada como solução de referência.

O $\text{Ce}(\text{dbp})_3$ apresenta baixa solubilidade em água (23). Para preparar sua solução aquosa, 1,8 g de $\text{Ce}(\text{dbp})_3$ foi agitado em 800 mL de água deionizada por 48 h a temperatura ambiente (23 ± 2) °C. A suspensão foi filtrada (papel de filtro quantitativo com tamanho de poro de 6,0 μm e densidade de 80 g/m²), e transferida para um balão volumétrico de 1 L que foi completado com as águas de lavagem da filtração. A solução resultante apresentou leve turvação.

As partículas sólidas não dissolvidas que ficaram retidas no papel de filtro foram secas e pesadas para a determinação da concentração da solução.

À solução saturada de $\text{Ce}(\text{dbp})_3$, foi adicionada a quantidade necessária de NaCl para se obter a concentração de NaCl de 0,05 mol/L.

As soluções foram empregadas nos ensaios de imersão de curta e longa duração, assim como, nos ensaios eletroquímicos.

Ensaio de imersão

Foram empregados corpos de prova de aço-carbono AISI 1020 nos ensaios de imersão de curta (44 h) e longa (3 e 5 semanas) duração. A composição química do aço-carbono está apresentada na Tabela 1.

Elemento*	C	Mn	P	S
Composição (%)	0,029 ± 0,001	0,20 ± 0,001	0,013 ± 0,001	0,012 ± 0,001

*Fe – balanço

Tabela 1 – Composição nominal do aço-carbono AISI 1020.

Os corpos de prova possuíam as dimensões de 2,0 cm x 6,0 cm x 0,15 cm com furo de diâmetro de 0,29 cm na parte superior e foram jateados com microesferas de vidro.

Os ensaios foram realizados em triplicata e em frascos de vidro não herméticos com capacidade para 350 mL.

O pH das soluções foi medido antes e após cada ensaio. Dois corpos de prova foram usados para as medições de perda de acordo com a norma ASTM G 1 (24) após a limpeza em solução de Clark (1 L HCl + 20g Sb₂O₃ + 58,3 g SnCl₂·x2H₂O).

O terceiro corpo de prova foi reservado para as análises de superfície por MEV/EDS, por meio de um microscópio eletrônico de varredura FEI FEG-Quanta 400F.

Ensaio eletroquímico

Os ensaios eletroquímicos empregaram um sistema convencional de três eletrodos que consistia de uma de tela cilíndrica de platina/irídio (90:10) como eletrodo auxiliar, um eletrodo de calomelano saturado (ECS) como referência e aço-carbono com área de 1 cm² embutido em resina epóxi como eletrodo de trabalho. Um béquer de 250 mL, preenchido com 100 mL das soluções de ensaio naturalmente aeradas, foi utilizado como uma célula eletroquímica.

Antes de cada medição, o eletrodo de trabalho foi submetido ao preparo de sua superfície com lixas de grana 120, 240, 400 e 600. A superfície do eletrodo após lixamento foi inspecionada em um microscópio óptico Leica DMR.

Ambas as curvas de polarização anódica e catódica foram obtidas usando a interface eletroquímica Solartron 1287 controlado pelo *software* Corrware. As varreduras anódicas e catódicas foram realizadas separadamente a velocidade de varredura de 0,1667 mV/s, após a estabilização do potencial de circuito aberto (PCA).

Após cada curva de polarização e posterior lavagem do eletrodo de trabalho com água ultrapura, acetona e secagem com ar quente, o eletrodo de trabalho foi examinado em um microscópio óptico Confocal Zeiss 700 Axio CSM e em microscópio eletrônico de

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta a concentração da solução de $Ce(dbp)_3$ saturada e o pH antes e depois dos ensaios de imersão. Pode-se observar que a solução de $Ce(dbp)_3$ é ácida. Além disso, a adição de NaCl à solução saturada do composto de TR não causou qualquer alteração significativa de pH.

Solução de ensaio	Solução saturada (filtrada)		Soluções de ensaio (Solução saturada e filtrada + NaCl)	
	Concentração (mg/L)	pH	pH - antes do ensaio	pH - após o ensaio
$Ce(dbp)_3$	920	4,9	4,8	5,7
0,05 mol/L NaCl (referência)	-	-	6,1	6,8

Tabela 2 – Concentração da solução saturada do composto de TR e o pH das soluções de teste antes e após os ensaios de imersão.

A Figura 1 mostra as taxas de corrosão do aço-carbono imerso em solução de NaCl 0,05 mol/L sem e com solução saturada de $Ce(dbp)_3$. Pode-se observar que a taxa de corrosão obtida para a solução contendo $Ce(dbp)_3$ foi da mesma ordem de grandeza da solução de referência.

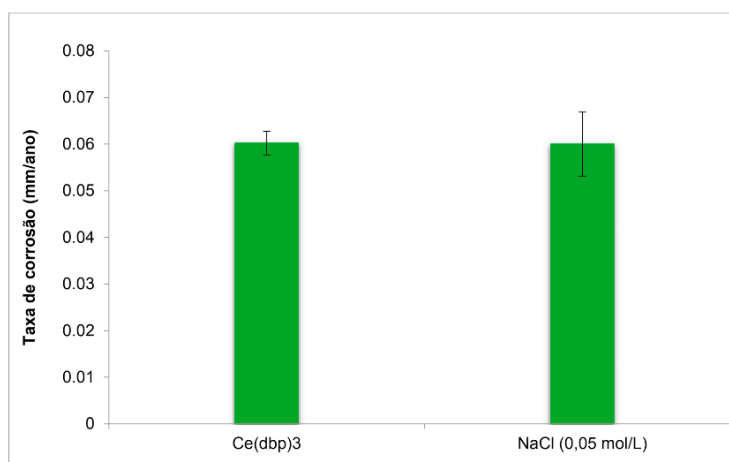


Figura 1 – Valores médios das taxas de corrosão do aço-carbono imerso em solução de NaCl 0,05mol/L sem e com solução saturada de $Ce(dbp)_3$.

Na Figura 2, são apresentadas as imagens dos ensaios de imersão de curta duração (44 h). A aparência visual das soluções de ensaio revelou uma diferença significativa entre a solução sem e com $Ce(dbp)_3$. Na presença deste último, observou-se que a solução tornou-se amarelada após 18 h enquanto que uma quantidade significativa de precipitados acastanhados na parte inferior do frasco, após 44 h, formou-se na solução sem o composto de TR.

A cor da solução contendo $Ce(dbp)_3$ permaneceu quase inalterada após 44 h, mostrando apenas uma pequena quantidade de precipitados amarelados na parte inferior do frasco de ensaio. Por outro lado, observou-se uma película de produto de corrosão na superfície dos corpos de prova mesmo na presença de $Ce(dbp)_3$. Vale ressaltar que, durante a lavagem dos corpos de prova após os ensaios de imersão, este filme foi facilmente retirado das superfícies.

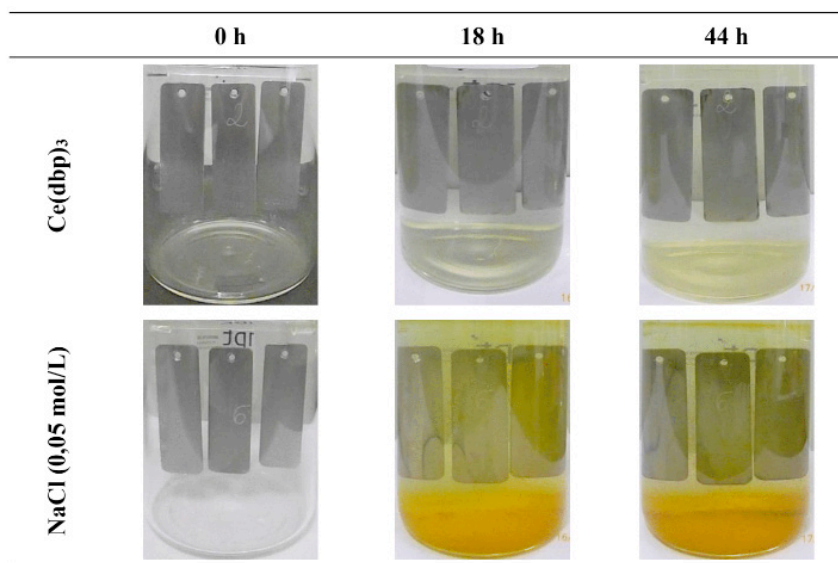


Figure 1 – Imagens dos frascos dos ensaios de imersão do aço-carbono em solução de NaCl 0,05 mol/L sem e com solução saturada de $Ce(dbp)_3$. Ensaios de curta duração (44 h).

As análises por MEV-EDS, de um dos três corpos de prova ensaiados por 44 h na ausência ou na presença do composto de TR, indicaram que um filme composto por produtos de corrosão formou-se em sua superfície (Fe e O foram detectados).

A Figura 3 mostra as análises realizadas sobre a superfície do corpo de prova ensaiado na solução contendo $Ce(dbp)_3$.

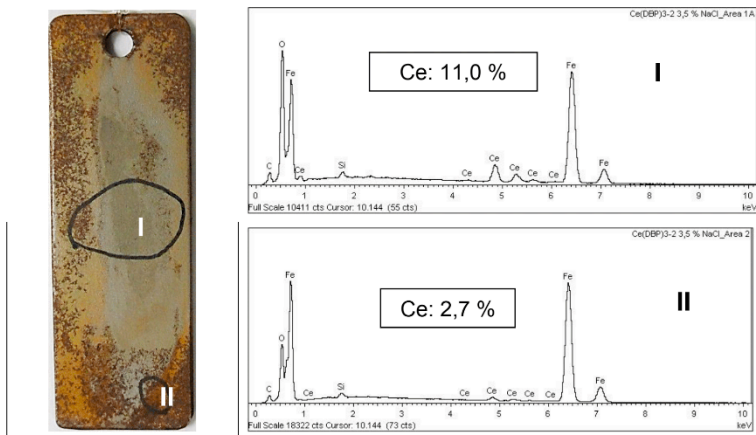


Figura 2 – Análise de EDS da superfície do corpo de imerso na solução NaCl 0,05 mol/L contendo $Ce(dbp)_3$.

As análises apresentadas na Figura 3 podem indicar a formação de um filme de contendo Ce e que apresentou baixa aderência, visto que se observou, a vista desarmada, o destacamento do referido filme. É sabido que os sais de TR atuam como inibidor catódico, levando à formação de um filme de oxi-hidróxidos de TR na superfície metálica. Particularmente, isso pode acontecer devido ao aumento local do pH causado pela reação de redução de oxigênio (9, 13, 23). No caso particular do cério, uma precipitação de $Ce(OH)_3$ pode ocorrer no $pH > 9$ (23). É importante mencionar que a quantidade de Ce era diferente em diferentes pontos da superfície do corpo de prova (11,0 % no ponto I e 2,7 % no ponto II, Figura 3).

Por outro lado, a literatura afirma que os organofosforados têm propriedades de inibição anódica, devido à sua capacidade de formar complexos insolúveis nas regiões anódicas do metal (9, 23). Nenhum fósforo foi detectado por EDS na superfície da amostra imersa na solução que continha $Ce(dbp)_3$. Isso pode indicar que a quantidade deste elemento na superfície de metal é menor do que o limite de detecção da técnica de EDS ou que não houve a formação de complexos insolúveis como o esperado.

Como a literatura relata que o composto $Ce(dbp)_3$ provoca uma diminuição significativa da corrosão de ligas de alumínio em ensaios de imersão de longa duração (11), ensaios de 3 e 5 semanas de imersão foram realizados. A Figura 4 mostra os valores médios das taxas de corrosão dos ensaios de longa duração (3 e 5 semanas). A aparência visual dos frascos de imersão após 3 e 5 semanas é mostrada na Figura 5. Pode ser visto que há uma grande quantidade de produtos de corrosão nos frascos dos ensaios de 3 e 5 semanas para o $Ce(dbp)_3$ e para a solução de referência. A baixa aderência dos produtos formados sobre os corpos de prova também foi observada para os ensaios de longa duração.

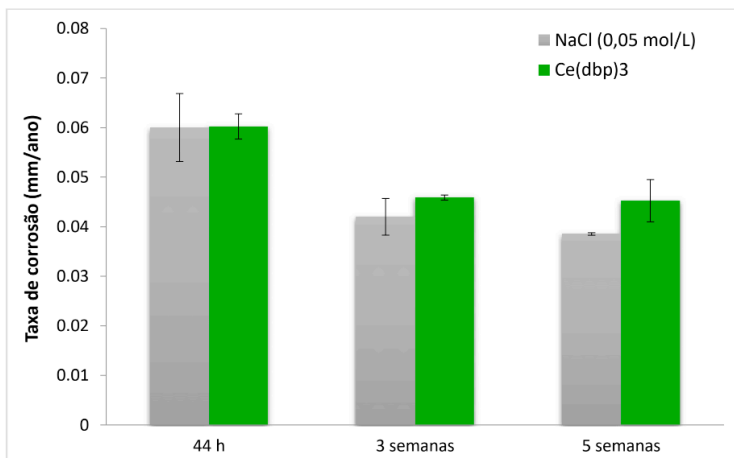


Figura 4 – Valores médios das taxas de corrosão dos ensaios de imersão de 44 h e os de longa duração (3 e 5 semanas).

Solução de ensaio	44 h	3 semanas	5 semanas
Ce(dbp)₃ + NaCl (0,05 mol/L)			
NaCl (0,05 mol/L)			

Figura 5 – Imagens dos frascos dos ensaios de imersão do aço-carbono em solução de NaCl 0,05mol/L sem e com solução saturada de Ce(dbp)₃. Comparação dos ensaios de curta (44 h) e de longa duração (3 e 5 semanas).

Os resultados obtidos mostraram que os ensaios de imersão de longa duração não melhorou a capacidade de proteção do filme formado (o qual pode conter Ce, conforme as análises por EDS). As taxas de corrosão em solução salina apresentaram a mesma ordem de grandeza na presença ou na ausência de Ce(dbp)₃, em oposição ao comportamento observado com substratos de Al (9, 13).

Com o intuito de explicar a razão da solução de salina contendo Ce(dbp)₃ ter se mantido quase incolor durante os ensaios de curta duração, foi realizado outro ensaio de imersão. Após 18 h (para este tempo de imersão, a solução de ensaio manteve-se quase incolor, conforme Figura 2), amostras das soluções foram retiradas dos frascos de imersão e a presença de íons de ferro foi investigada qualitativamente usando o hexacianoferrato(III)

de potássio, ($K_3[Fe(CN)_6]$) e o hexacianoferrato(II) de potássio, ($K_4[Fe(CN)_6]$). Os dois sais formam complexos de coloração azul com íons ferrosos e férricos, ($Fe_3[Fe(CN)_6]_2$) e ($Fe_4[Fe(CN)_6]_3$), respectivamente.

A Figura 6 mostra os resultados obtidos. Pode ser visto que os íons ferrosos e férricos estavam presentes na solução contendo $Ce(dbp)_3$, enquanto que, na solução de referência ($NaCl$ 0,05 mol/L), íons ferrosos não foram detectados. A cor verde obtida com a adição de hexacianoferrato(III) de potássio pode ser atribuída à baixa concentração de íons ferrosos na solução: provavelmente a cor amarela própria da solução de hexacianoferrato(III) de potássio combinado com o complexo azul formado pelo reagente e os íons ferrosos resultou na coloração verde.

Para confirmar esta suposição, uma alíquota da solução de hexacianoferrato(III) de potássio foi adicionada a uma solução diluída de sulfato ferroso recém preparada. Obteve-se a mesma cor esverdeada.





Solução de ensaio	Teste qualitativo para íons Fe^{2+} usando hexacianoferrato(III) de potássio ($K_3[Fe(CN)_6]$)	Teste qualitativo para íons Fe^{3+} usando hexacianoferrato(II) de potássio ($K_4[Fe(CN)_6]$)
$Ce(dbp)_3$	 Íons Fe^{2+} identificados	 Íons Fe^{3+} identificados
$NaCl$ (0,05 mol/L)	 Íons Fe^{2+} não identificados	 Íons Fe^{3+} identificados

Figura 6 – Teste qualitativo para identificação dos íons Fe^{2+} e Fe^{3+} após 18 h de imersão do aço-carbono nas soluções de ensaio.

Os resultados dos testes de identificação em conjunto com a aparência visual das soluções de ensaio (Figuras 2 e 5) sugerem que os íons ferrosos formaram um complexo solúvel incolor com o ânion DBP e não insolúveis conforme o esperado para compostos bifuncionais. Baldwin e Higgins (25) afirmaram que os complexos de DBP com cátions de valência 3 e 4 são menos solúveis do que aqueles com íons divalentes.

Então, muito provavelmente, os íons ferrosos proveniente da reação de corrosão foram complexados pelo ânion DBP, evitando sua oxidação a íons férricos. Após o longo

período de exposição, a disponibilidade dos ânions DBP diminuiu e o excesso de íons ferrosos oxidou-se a íons férricos, que por sua vez precipitaram como óxido férrico levando a formação de uma quantidade significativa de precipitados acastanhados na parte inferior dos frascos de imersão (Figura 5).

Estes resultados explicam a eficácia da inibição da $\text{Ce}(\text{dbp})_3$ para Al e suas ligas. Como afirmado pela literatura (8-11), este composto atua como um inibidor misto devido a precipitação do $\text{Ce}(\text{OH})_3$ nas regiões catódicas e do complexo insolúvel de $\text{Al}(\text{dbp})_3$ nas regiões anódicas. Para os substratos de Al, a melhoria da proteção deste filme após a imersão de longa duração (10) pode ser atribuída pelo aumento da compactação do filme.

No caso do aço-carbono, ocorreu apenas a formação da camada não uniforme e não aderente do $\text{Ce}(\text{OH})_3$ nas regiões catódicas (Figura 3). Nas regiões anódicas, não houve a formação de película protetiva porque os íons ferrosos foram complexados pelos ânions DBP, fato que manteve o metal desprotegido.

A Figura 7 apresenta as curvas de polarização catódica e, a Figura 8, a aparência dos eletrodos de trabalho após as curvas de polarização. Na Figura 7, pode-se observar que a principal reação catódica é a redução do oxigênio, para ambos os meios estudados. A redução de oxigênio é a reação limitante das densidades de corrente das curvas de polarização catódica.

Um filme não homogêneo com coloração entre amarelo e marrom foi formado na superfície de ambos os eletrodos de trabalho após polarização catódica (Figura 8). Essas cores podem ser atribuídas a resíduos de produto de corrosão formados durante a estabilização do PCA e que não foram completamente reduzidos durante a polarização catódica (na ausência de $\text{Ce}(\text{dbp})_3$) ou à possível formação de uma película composta de cério durante a polarização catódica (na presença de $\text{Ce}(\text{dbp})_3$).

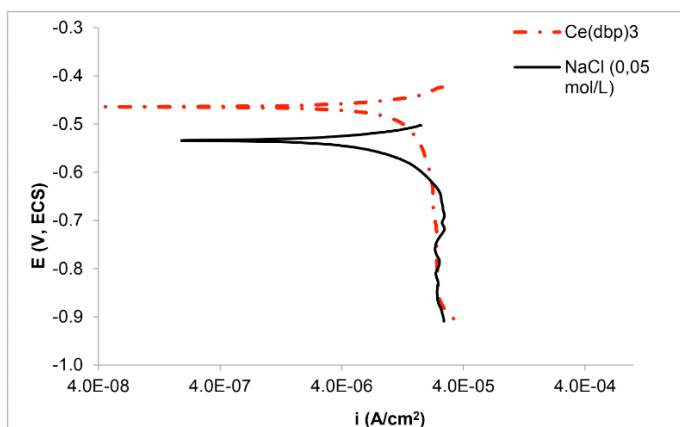


Figura 7 – Curvas de polarização catódica do aço-carbono em solução de NaCl 0,05 mol/L sem e com $\text{Ce}(\text{dbp})_3$.

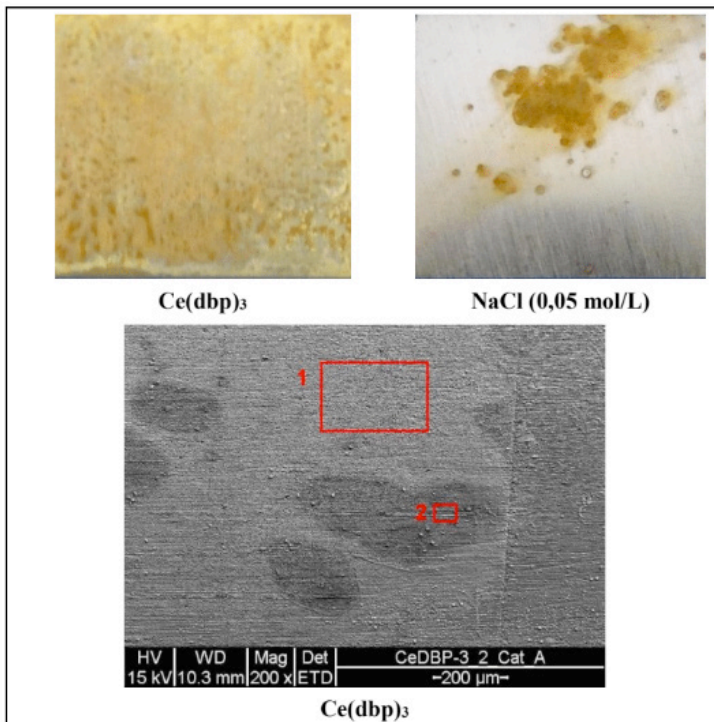


Figura 8 – Imagens das superfícies dos eletrodos de trabalho após as polarizações catódicas em solução de NaCl 0,05 mol/L sem e com $\text{Ce}(\text{dbp})_3$.

As análises de MEV/EDS das diferentes regiões da superfície de cada eletrodo de trabalho, mostradas na Figura 8, indicaram a presença de resíduos de produtos de corrosão (Fe e O). Uma quantidade significativa de Ce foi detectada em ambas as áreas analisadas (regiões 1 e 2), do eletrodo de trabalho ensaiado na solução salina contendo $\text{Ce}(\text{dbp})_3$, como mostrado na Tabela 3 e na Figura 8.

Área	C (%)	O (%)	Fe (%)	Ce (%)
1	4,5	13,6	64,1	17,6
2	3,3	17,8	67,8	11,1

Tabela 1 – Principais elementos detectados por EDS sobre a superfície do eletrodo de trabalho ensaiado em solução salina contendo $\text{Ce}(\text{dbp})_3$, após polarização catódica.

Estes resultados mostraram que, muito provavelmente, um composto contendo Ce foi formado na superfície do metal durante a polarização catódica, confirmando o caráter catódico deste composto. Como já foi mencionado, os sais de TR são conhecidos como inibidores catódicos para vários metais (8, 23). No entanto, as densidades de corrente

foram limitadas pelo oxigênio tanto na presença quanto na ausência do composto de Ce, Figura 7. Assim, pode-se concluir que o $Ce(dbp)_3$ não é um inibidor catódico eficiente para o aço-carbono em solução diluída de NaCl. Esta ineficiência pode ser atribuída à natureza porosa e não homogênea do filme, confirmado por quantidades diferentes de Ce detectados em diferentes regiões da superfície do eletrodo de trabalho após a polarização catódica (Tabela 3).

As curvas de polarização anódica e as imagens das superfícies dos eletrodos de trabalho após as polarizações anódicas estão apresentadas nas Figuras 9 e 10.

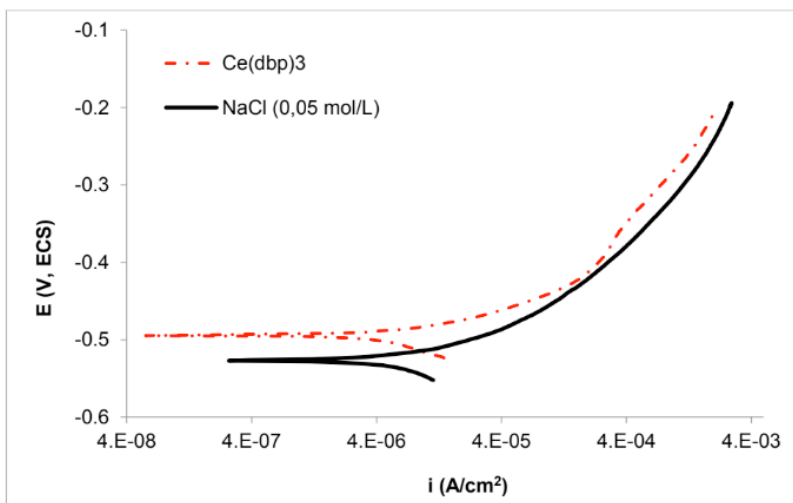


Figura 9 – Curvas de polarização anódica do aço-carbono em solução de NaCl 0,05 mol/L sem e com $Ce(dbp)_3$.

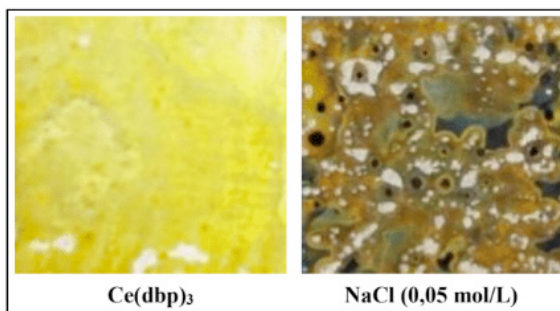


Figura 10 – Imagens das superfícies dos eletrodos de trabalho após as polarizações anódicas em solução de NaCl 0,05 mol/L sem e com $Ce(dbp)_3$.

O comportamento anódico é quase o mesmo para os dois sistemas estudados. Em ambas as polarizações anódicas, observou-se uma grande quantidade de pites na

superfície dos eletrodos de trabalho. O eletrodo ensaiado na presença de $\text{Ce}(\text{dbp})_3$ foi revestido por uma película castanha. Os pites não ficaram evidentemente visíveis na Figura 10. No entanto, as imagens de MEV deste eletrodo (Figura 11) mostraram claramente a presença de uma maior quantidade e maior profundidade de pites para o meio contendo $\text{Ce}(\text{dbp})_3$ comparada àqueles detectados na superfície do eletrodo de trabalho ensaiado na solução de NaCl puro.

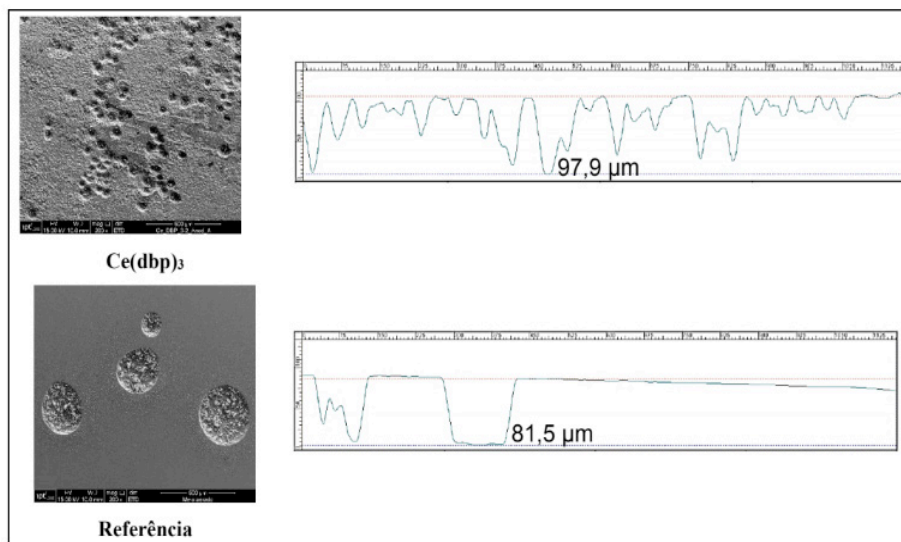


Figura 11 – Imagens de MEV das superfícies dos eletrodos de trabalho após as polarizações anódicas em solução de NaCl 0,05 mol/L sem e com $\text{Ce}(\text{dbp})_3$ e medidas de profundidade de pite.

CONCLUSÕES

O composto $\text{Ce}(\text{dbp})_3$ foi testado como inibidor de corrosão bifuncional em potencial para o aço-carbono numa solução aquosa de cloreto de sódio próxima da neutralidade, por meio de ensaios de desempenho de corrosão.

Todos os resultados mostraram que o $\text{Ce}(\text{dbp})_3$ não apresentou propriedades de inibição para o aço-carbono, apesar do $\text{Ce}(\text{dbp})_3$ ser considerado um inibidor muito eficaz para Al e suas ligas, sobre os quais forma uma película protetora e uniforme.

A falta de eficiência pode ser atribuída à formação de complexos solúveis de ânions DBP com cátions ferrosos, à porosidade e a não homogeneidade do filme formado sobre o aço-carbono.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos ao Bsc. Frederico Calheiros Maia e ao Msc. Jorge Augusto Oliveira Carneiro pelo valioso apoio nos ensaios laboratoriais, à Dra. Dilek Akcakayiran e ao Dr. Dmitri Grigoriev pela síntese e doação do composto $Ce(dbp)_3$.

Este trabalho foi financiado pela UE FP7- PEOPLE -2011-IRSES proposta número 295145 (projeto Nanomar), IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. e FIPT - Fundação de Apoio ao IPT.

REFERÊNCIAS

1. European Parliament, Council of the European Union, Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end-of life vehicles - Commission Statements, OJ L. 269 (2000) 34.
2. SØRENSEN, P.A.; KIIL, S.; DAM-JOHANSEN, K. *et al.* Anticorrosive coatings: a review. **Journal of Coatings Technology and Research**, v. 6, n. 2, p.135-176, 2009. Springer Science + Business Media. <http://dx.doi.org/10.1007/s11998-008-9144-2>.
3. HUGHES, A.; COLE, I.S.; MUSTER, T.H. *et al.* Designing green, self-healing coatings for metal protection. **NPG Asia Materials**, v. 2, n. 4, p.143-151, 2010. Nature Publishing Group. <http://dx.doi.org/10.1038/asiamat.2010.136>.
4. SAJI, V. S. A review on recent patents in corrosion inhibitors. **Recent Patents on Corrosion Science**, v. 2, n. 1, p.6-12, 2010. Bentham Science Publishers Ltd.. <http://dx.doi.org/10.2174/1877610801002010006>.
5. FORSYTH, M.; FORSYTH, C.M.; WILSON, K.; BEHRING, T.; *et al.* ATR characterisation of synergistic corrosion inhibition of mild steel surfaces by cerium salicylate. **Corrosion Science**, v. 44, n. 11, p.2651-2656, 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0010-938x\(02\)00024-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0010-938x(02)00024-0).
6. DEACON, G. B.; FORSYTH, C.M.; BEHRING, T.; KONSTAS, K. *et al.* Heterometallic CeIII-FelIII-salicylate networks: models for corrosion mitigation of steel surfaces by the "green" inhibitor, Ce(salicylate). **Chemical Communications**, n. 23, p.2820-2821, 2002. Royal Society of Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/b207722a>.
7. FORSYTH, M.; WILSON, K.; BEHRING, T.; FORSYTH, C.; *et al.* A. Effectiveness of rare-earth metal compounds as corrosion inhibitors for steel. **Corrosion**, v. 58, n. 11, p.953-960, 2002. NACE International. <http://dx.doi.org/10.5006/1.3280785>.
8. HUGHES, A.E.; HO, D.; FORSYTH, M.; HINTON, B.R.W. Rare earth inhibited systems, TRI Service Corrosion Conference, p. 1–10, 2005.
9. BIRBILIS, N.; BUCHHEIT, R.G.; HO, D.L.; FORSYTH, M. Inhibition of AA2024-T3 on a phase-by-phase basis using an environmentally benign inhibitor, cerium dibutyl phosphate. **Electrochemical and Solid-State Letters**, v. 8, n. 11, p.C180-C183, 2005. The Electrochemical Society. <http://dx.doi.org/10.1149/1.2073672>.
10. HO, D.; BRACK, N.; SCULLY, J.; MARKLEY, T.; FORSYTH, *et al.* Cerium dibutylphosphate as a corrosion inhibitor for aa2024-t3 aluminum alloys. **Journal of the Electrochemical Society**, v. 153, n. 9, p. B392-B401, 2006. The Electrochemical Society. <http://dx.doi.org/10.1149/1.2217260>.
11. HUGHES, A. E.; HO, D.; FORSYTH, M.; HINTON, B.R.W. Towards replacement of chromate inhibitors by rare earth systems. **Corrosion Reviews**, v. 25, n. 5-6, p.591-605, 2007. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.1515/corrrev.2007.25.5-6.591>.

12. FORSYTH, M.; MARKLEY, T.; HO, D.; DEACON, G.B., *et al.* Inhibition of corrosion on aa2024-t3 by new environmentally friendly rare earth organophosphate compounds. **Corrosion**, v. 64, n. 3, p.191-197, 2008. NACE International. <http://dx.doi.org/10.5006/1.3278465>.
13. MARDEL, J.; GARCIA, S.J.; CORRIGAN, P.A.; MARKLEY, T. *et al.* The characterisation and performance of Ce(dbp)₃-inhibited epoxy coatings. **Progress in Organic Coatings**, v. 70, n. 2-3, p.91-101, 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.porgcoat.2010.10.009>.
14. GARCIA, S.J.; MARKLEY, T.A.; MOL, J.M.C.; HUGHES, A.E. Unravelling the corrosion inhibition mechanisms of bi-functional inhibitors by EIS and SEM-EDS. **Corrosion Science**, v. 69, p.346-358, 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.corsci.2012.12.018>.
15. BLIN, F.; LEARY, S.G.; DEACON, G.B.; JUNK, P.C. *et al.* The nature of the surface film on steel treated with cerium and lanthanum cinnamate based corrosion inhibitors. **Corrosion Science**, v. 48, n. 2, p.404-419, 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.corsci.2005.01.009>.
16. SHI, H.; HAN, EN-HOU; LIU, F. Corrosion protection of aluminum alloy 2024-T3 in 0.05M NaCl by cerium cinnamate. **Corrosion Science**, v. 53, n. 7, p.2374-2384, 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.corsci.2011.03.012>.
17. SHI, H.; HAN, E.H.; LAMAKA, S. V.; ZHELUDKEVICH, M.L. *et al.* Cerium cinnamate as an environmentally benign inhibitor pigment for epoxy coatings on AA 2024-T3. **Progress in Organic Coatings**, v. 77, n. 4, p.765-773, 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.porgcoat.2014.01.003>.
18. MARKLEY, T. A.; FORSYTH, M.; HUGHES, A. E. Corrosion protection of AA2024-T3 using rare earth diphenyl phosphates. **Electrochimica Acta**, v. 52, n. 12, p.4024-4031, 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2006.11.028>.
19. KARTSONAKIS, I. A.; KORDAS, G. synthesis and characterization of cerium molybdate nanocontainers and their inhibitor complexes. **Journal of the American Ceramic Society**, v. 93, n. 1, p.65-73, 2010. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1551-2916.2009.03310.x>.
20. YASAKAU, K.A.; TEDIM, J.; ZHELUDKEVICH, M.L.; DRUMM, R. *et al.* Cerium molybdate nanowires for active corrosion protection of aluminum alloys. **Corrosion Science**, v. 58, p.41-51, 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.corsci.2012.01.012>.
21. YASAKAU, K.A.; KALLIP, S.; ZHELUDKEVICH, M.L.; FERREIRA, M.G.S. Active corrosion protection of AA2024 by sol-gel coatings with cerium molybdate nanowires. **Electrochimica Acta**, v. 112, p.236-246, 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2013.08.126>.
22. YASAKAU, K. A.; TEDIM, J.; MONTEMOR, M.F.; SALAK, A.N. *et al.* Mechanisms of localized corrosion inhibition of AA2024 by cerium molybdate nanowires. **Journal of Physical Chemistry C**, v. 117, n. 11, p.5811-5823, 2013. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/jp3124633>.
23. VAN SOESTBERGEN, M.; ERICH, S.J.F.; HUININK, H.P.; ADAN, O.C.G. Dissolution properties of cerium dibutylphosphate corrosion inhibitors. **Corrosion Engineering, Science and Technology** v. 48, n. 3, p.234-240, 2013. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1179/1743278212y.0000000069>.
24. ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 1999. G1-03: standard practice for preparing, cleaning, and evaluating corrosion test specimens, significance. West Conshohocken. 9p.
25. BALDWIN, W.H.; HIGGINS, C.E. Complexes of dibutyl phosphoric acid. **Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry**, v. 17, n. 3-4, p.334-336, 1961. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-1902\(61\)80159-0](http://dx.doi.org/10.1016/0022-1902(61)80159-0).

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aerodesign 1, 2, 3, 9
Aeronave 10, 11, 12, 14, 16
Análise CFD 1
Articulação 1, 168

C

Construção sustentável 103

D

Degradação 36, 103, 126, 132, 133, 135, 136, 137, 143, 144, 145, 149, 150, 175, 243
Direito ao saneamento básico 124, 125, 126, 128, 129, 130
Dosagem físico-química 151, 152, 154, 155, 159, 160, 161, 162, 163, 164
Drywall 87, 88, 89, 100

E

Eficiência energética 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 173
Energia solar fotovoltaica 63, 64, 174, 180
Energias renováveis 63, 73, 165, 166, 167, 169, 170, 171, 173
Estabilidade 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 35, 36, 78, 79, 81, 152, 186
Estabilização 78, 84, 86, 87, 88, 94, 96, 97, 100, 101, 152, 159, 160, 161, 162, 163, 199, 205

F

Fachada 132, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 232

G

Geossintéticos 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86
Geotecnia 17, 75, 76, 82, 84
Gesso 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 105
Gestão 35, 44, 103, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 172, 259

H

Headcount 49, 53, 55, 57, 60, 61

L

LED 63, 64, 65, 66, 67, 68, 72, 73

Logística ferroviária 49

M

Melhoramento de solos 75

Momento 1, 13, 16, 50, 171, 227

P

Passagem em jornada 49, 51

Pavimento 20, 22, 26, 27, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 42, 43, 45, 46, 48, 76, 81, 84, 105, 151, 152, 163, 164

Plasticidade 78, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 99, 100, 101, 154, 242

Projeto 1, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 19, 21, 29, 30, 33, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 43, 44, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 76, 79, 85, 126, 127, 130, 133, 136, 163, 168, 169, 209, 221, 224

R

Resíduo de construção civil 151, 154

Resíduos 56, 58, 59, 60, 83, 87, 88, 89, 102, 103, 104, 105, 106, 205, 206

Resíduos plásticos 102, 103, 104, 105, 106

Resistência à compressão simples 151, 152, 157, 161, 162, 163

Revestimento cerâmico 132, 133, 137, 138, 139, 140, 142, 143, 144, 147

S

Saneamento básico em São Desidério 124

SERENS 165, 166, 167, 169, 170, 171, 172, 173, 174

Serviços públicos de saneamento básico 124, 125, 127, 128, 130, 131

Simulação numérica 1, 240

Sistemas autônomos puros CC 63

Solo-cimento 151, 152, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164

Solos 35, 46, 47, 75, 76, 78, 80, 85, 87, 89, 90, 91, 93, 96, 97, 101, 151, 153, 154, 156, 158, 159, 161, 162, 163, 164

Sustentabilidade 30, 33, 34, 48, 102, 106, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 180

T

Transporte hidroviário 32

V

Volume de cargas 49

X

XFLR5 10, 11, 12, 16

Engenharias:

Da Genialidade à Profissão e
seu Desenvolvimento

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021

Engenharias:

Da Genialidade à Profissão e
seu Desenvolvimento

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021