

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

2


Atena
Editora
Ano 2021

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

2


Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes editoriais

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da capa

iStock

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.

Open access publication by Atena Editora



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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
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. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
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 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
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 da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
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 Miraniilde 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

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E59 O ensino e a pesquisa em química 2 / Organizador
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. - Ponta Grossa -
PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-423-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.235213108>

1. Química - Estudo e ensino. I. Paniagua, Cleiseano
Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 540.7

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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

O e-book: “O ensino e a pesquisa em química” volume II é constituído por quinze capítulos de livro que foram reunidos em três grandes áreas temáticas, a saber: *i)* química analítica: determinação, otimização e validação; *ii)* desenvolvimento de adsorventes e catalisadores para remoção de diferentes classes de contaminantes e aplicação industrial e *iii)* temas diversos.

A primeira temática é constituída por seis capítulos e apresentam diversos estudos, entre os quais: *i)* determinação quantitativa de glicazida em comprimidos e os problemas provenientes do uso de comprimidos pelo sistema de partição não homogêneo; *ii)* a determinação de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) empregando-se a técnica de voltametria; *iii)* a validação de um sistema fotocolorímetro em análises para o ensino de química na Universidade Tecnológica de Gutiérrez Zamora na cidade de Vera Cruz no México; *iv)* a importância da otimização para melhor entendimento dos estudos cinéticos em uma reação de hidroalogenação; *v)* a triagem fitoquímica e análise de propriedades antioxidantes e *vi)* avaliação de estruturas metálicas orgânicas como fase estacionária em Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC).

A segunda temática é composta por cinco capítulos e apresentam: estudo de revisão que demonstram: *i)* o potencial de extração de fósforo em efluentes líquidos; *ii)* estudo de Montmorilonita como potencial adsorvente e aplicação em sistemas de fluxo contínuo e *iii)* avaliação e estudo de diferentes catalisadores para remoção de inúmeras classes de poluentes em matrizes aquáticas e reforma do etanol com vapor d’água.

Por fim, a terceira temática que apresenta quatro diferentes estudos que contemplam a corrosão obtida por pulverização de gás frio, a importância e utilização de supressores de poeira na mineração, preparação de nanopartículas poliméricas enriquecidas com óleos essenciais poliméricas e estudo de revisão das propriedades químicas da série de lantanídeos.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando por meio do incentivo de publicações de trabalhos de pesquisadores de todas as regiões do Brasil e de outros países com o intuito de colaborar com a publicação de e-books e, conseqüentemente, sua divulgação de forma gratuita em diferentes plataformas digitais de fácil acesso. Logo, a Atena Editora contribui para a divulgação e disseminação do conhecimento científico gerado dentro de instituições de ensino e pesquisa e que pode ser acessado de qualquer lugar e em tempo real por qualquer pessoa interessada na busca pelo conhecimento.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

DETERMINAÇÃO QUANTITATIVA DE GLICLAZIDA EM COMPRIMIDOS SULCADOS

Jacqueline Cristinne Guimarães Vidal

Maria Amélia Albergaria Estrela

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131081>

CAPÍTULO 2..... 13

DETERMINAÇÃO VOLTAMÉTRICA DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS USANDO UM ELETRODO DE PASTA DE CARBONO MODIFICADO COM FTALOCIANINA DE ZINCO

Daniel Jackson Estevam da Costa

Rhayane Silva Rodrigues do Nascimento

Larissa da Silva Pereira

Janete Clair da Silva Santos


Camila Luciana Silva de Mesquita

Fátima Aparecida Castriani Sanches-Brandão

William Farias Ribeiro

Francisco Antonio da Silva Cunha

Mário César Ugulino de Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131082>

CAPÍTULO 3..... 25

VALIDACIÓN DE UN FOTOCOLORÍMETRO PARA ANÁLISIS CUANTITATIVOS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Raúl Alejandro Limón Hernández

Verónica López Hernández


Fidel Alejandro Aguilar Aguilar

Iriana Hernández Martínez

José Luis Xochihua Juan

Arsenio Sosa Fomperosa

Oscar Enrique Morales Moguel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131083>

CAPÍTULO 4..... 40

OTIMIZAÇÃO NUMÉRICA E ESTUDO CINÉTICO DA REAÇÃO DE HIDROALOGENAÇÃO DO ALFA-PINENO

Vladimir Lavayen

Thágor Moreira Klein

Chádia Schissler

Leticia Antunes Natividade

Alexandre Chagas

Jacqueline Arguello da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131084>


CAPÍTULO 5..... 50

TRIAGEM FITOQUÍMICA E ANÁLISE QUALITATIVA DO POTENCIAL ANTIOXIDANTE DOS EXTRATOS FOLIARES DE *Cinnamomum zeylanicum* E *Cinnamomum burmannii*

Ana Francisca Gomes da Silva

Valéria Flávia Batista da Silva

Carolina Lopes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131085>

CAPÍTULO 6..... 58

MOFs (METAL ORGANIC FRAMEWORKS) AS A STATIONARY PHASE IN LIQUID CHROMATOGRAPHY (HPLC)


Tamires dos Reis Menezes

Kátilla Monique Costa Santos

Sílvia Maria Egues Dariva

Juliana Faccin de Conto Borges

Cesar Costapinto Santana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131086>

CAPÍTULO 7..... 76

POTENCIAL DE EXTRAÇÃO DE FÓSFORO DE EFLUENTES LÍQUIDOS – REVISÃO DE LITERATURA

Luciana Faria Caetano de Souza

Suzana Maria Loures de Oliveira Marcionilio

Ana Carolina Ribeiro Aguiar

Ana Paula Cardoso Gomide

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131087>


CAPÍTULO 8..... 84

ESTUDO DE OBTENÇÃO DE MONTMORILONITA POR PRECIPITAÇÃO SEQUENCIAL PARA USO COMO ADSORVENTE PARA SISTEMAS DE FLUXO CONTÍNUO

Kathely Priscila de Souza Trindade

Graciele Vieira Barbosa

Alberto Adriano Cavalheiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131088>

CAPÍTULO 9..... 97

OXIDAÇÃO CATALÍTICA DO CORANTE AZUL DE METILENO USANDO NOVOS CATALISADORES Fe_2O_3


Matheus de Araújo Moura

Henrique Rebouças Marques Santos

Márcio Souza Santos

Rennan Noronha de Franca

Alexilda Oliveira de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131089>

CAPÍTULO 10..... 107

AVALIAÇÃO DA SELETIVIDADE DO CATALISADOR FORMADO A PARTIR DO SULFATO DE MAGNÉSIO *in situ* NA PIRÓLISE CATALÍTICA DA BIOMASSA DE MACRÓFITA AQUÁTICA PARA OBTENÇÃO DE BIO-ÓLEO PIROLÍTICO


Júnior da Silva Camargo
Sonia Tomie Tanimoto
Fernando Alves Ferreira
Vitor Vinícius Anjos Bonfim Ribeiro
Regineide de Oliveira Lima
Ricardo Faustino Rits de Barros
José Alfredo Valverde
Layssa Aline Okamura
Paulo Renato dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310810>

CAPÍTULO 11 120

REFORMA DO ETANOL COM VAPOR D' ÁGUA: AVALIAÇÃO DA ATIVAÇÃO PRÉVIA DO CATALISADOR Cu/Ni/Na₂O-Nb₂O₅


Laura dos Santos Costa
Maria Eduarda Bogado dos Santos
Marília de Oliveira Camargo
Marcos de Souza
Isabela Dancini Pontes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310811>

CAPÍTULO 12..... 129

STUDY OF CORROSION AND MECHANISMS OF COATINGS OBTAINED BY COLD GAS SPRAY USING OPEN CIRCUIT POTENTIAL AND MICROSCOPIC ANALYSIS


Fernando Santos da Silva
Sergi Dosta
Assis Vicente Benedetti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310812>

CAPÍTULO 13..... 144

SUPRESSORES DE POEIRA DE MINERAÇÃO

Stéphane Miranda Francisco
Enio Nazaré de Oliveira Júnior
Ana Maria de Oliveira


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310813>

CAPÍTULO 14..... 156

PREPARATION OF SUB-50 NM POLYMERIC NANOPARTICLES LOADED WITH ESSENTIAL OILS

Hened Saade Caballero

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310814>

CAPÍTULO 15.....	160
QUÍMICA DE LANTANÍDEOS	
Jorge Fernando Silva de Menezes	
Rodrigo Galvão dos Santos	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310815	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	192
ÍNDICE REMISSIVO.....	193

STUDY OF CORROSION AND MECHANISMS OF COATINGS OBTAINED BY COLD GAS SPRAY USING OPEN CIRCUIT POTENTIAL AND MICROSCOPIC ANALYSIS

Data de aceite: 23/08/2021

Fernando Santos da Silva

UNESP - São Paulo State University, Institute of Chemistry
Araraquara, SP, Brazil
<http://lattes.cnpq.br/6041217501405985>
<https://orcid.org/0000-0003-0606-6126>

Sergi Dosta

Barcelona University, CPT
Barcelona, Spain
<https://orcid.org/0000-0002-2925-1933>

Assis Vicente Benedetti

UNESP - São Paulo State University, Institute of Chemistry, Department of Analytical, Physical Chemistry and Inorganic
Araraquara, SP, Brazil
<http://lattes.cnpq.br/1769008264876945>
ORCID: 0000-0002-0243-6639
Research ID: I-8818-2012

ABSTRACT: The principle of Cold gas spray (CGS) technique is that the sprayed material is heated no longer than 1000°C, guaranteeing no powder particle melting, retainment of initial composition/phases of the feedstock powder with no or very low oxidation. Thus, the coatings are almost free of cracks, defects, low porosity, and the substrate works under lower heat input. Many different materials can be applied on different surfaces being a high promising technique for further developments awakening great interest in new applications. Aluminum,

copper and WC-25Co coatings were prepared by CGS and their performance against corrosion in aggressive medium was qualitatively evaluated for long immersion time by open circuit potential measurements and salt spray tests. The results showed that all of them protected the substrate for more than 1000 h in 3.5 wt.% NaCl solution and in salt fog tests for around 3000 h. Copper coatings were also effective as antimicrobial and in reducing biofilm survival.

KEYWORDS: Coatings, cold gas spray, corrosion protection, evolution of open circuit potential, salt spray

ESTUDO DE CORROSÃO E MECANISMOS DE REVESTIMENTOS OBTIDOS POR PULVERIZAÇÃO DE GÁS FRIO UTILIZANDO ANÁLISE DE POTENCIAL DE CIRCUITO ABERTO E MICROSCÓPICA

RESUMO: O princípio da técnica de pulverização de gás frio (CGS) é que o material pulverizado não é aquecido por mais de 1000° C, garantindo a não fusão das partículas de pó, retenção da composição / fases iniciais do pó da matéria-prima com nenhuma ou muito baixa oxidação. Assim, os revestimentos ficam quase isentos de trincas, defeitos, baixa porosidade e o substrato trabalha com menor aporte de calor. Muitos materiais diferentes podem ser aplicados em diferentes superfícies sendo uma técnica altamente promissora para novos desenvolvimentos despertando grande interesse em novas aplicações. Revestimentos de alumínio, cobre e WC-25Co foram preparados por CGS e seu desempenho contra corrosão em

meio agressivo foi avaliado qualitativamente para longos tempos de imersão por medições de potencial de circuito aberto e testes de névoa salina. Os resultados mostraram que todos eles protegeram o substrato por mais de 1000 h em solução de NaCl 3,5% em peso e em testes de névoa salina por cerca de 3000 h. Os revestimentos de cobre também foram eficazes como antimicrobianos e na redução da sobrevivência do biofilme.

PALAVRAS-CHAVE: Revestimentos, pulverização com gás frio, proteção contra corrosão, evolução do potencial de circuito aberto, névoa salina.

1 | INTRODUCTION

Cold Gas Spray (CGS) has emerged in the field of surface engineering in the mid-1980s as a new process of high performance and low cost to obtain coatings. The underlying principle of cold spraying is that the sprayed material is no longer heated ($<1000\text{ }^{\circ}\text{C}$), semi-molten or fully molten as in Plasma, High Velocity Oxygen Fuel (HVOF) or other thermal spray techniques [1]. Instead, solid state powders are accelerated (500 and 1200 m/s), in a high-pressure supersonic gas jet that allows the particles to be plastically deformed during impact with the target to form interconnected splats adhered to the substrate, resulting an overlay deposit [2]. The low temperature process allows no powder particle melting, retains initial composition/phases of the feedstock powder with no or very low oxidation. Consequently, the coatings are almost free of cracks, defects, low porosity, and the substrate works under lower heat input.

A wide range of materials can be sprayed by CGS as metallic, plastic, composites and others with a particle size in the range of 5-400 μm [2,3]. The temperature, pressure, particle size and nature of the carrier gas are spraying parameters with mostly influence on the microstructure, corrosion performance and wear resistance of the coatings. Under optimized parameters, CGS coatings have a dense microstructure in which the particles are strongly deformed, almost oxides free and without cracking and interconnected porosity. The porosity can reach at values less than 1% and the coatings thicknesses are between 0.2-25 mm. Taking account the microstructure characteristics, the CGS coatings show a high corrosion resistance in chloride medium during long immersion times ($t > 3000\text{ h}$) [3]. Electrochemical techniques have been widely used to investigate the corrosion resistance of these coatings, mainly electrochemical impedance spectroscopy (EIS) and open circuit potential (E_{OCP}), since they allow to investigate the corrosion resistance and inform about the evolution of the corrosion process of coatings during long immersion times. Furthermore, these electrochemical techniques allow proposing corrosion mechanisms that have been used to improve the development of coatings with higher performance. Specific industrial applications of these coatings against corrosion occur on different fields such as energy, naval, aircraft and automotive [2,3]. Last sixteen years up to 1575 patents were produce and in recent years this number has been growing with 182 patents in 2020 [4]. Furthermore, CGS offers the possibility to produce coatings with higher corrosion and wear resistance,

almost without environmental impact or toxic waste production since no fuel gases or extreme electrical heating requirements, and no toxic fumes are produced.

2 | EXPERIMENTAL

2.1 Feedstock materials and substrates

The Al powders (99.7%), used as feedstock were gas-atomized by TLS Technik GmbH (Germany). The copper feedstock powder (Cu \geq 99%) was produced by gas atomization in an air atmosphere, by Flame Spray Technologies (Duiven, The Netherlands). Both Al and Cu coatings were deposited onto low carbon steel. The carbides powders were WC-25Co cermets with 25 wt% cobalt contents, obtained by agglomeration and sintering (Fujimi Inc., Kiyosu, Japan). The WC-25Co powder were sprayed onto AA 7075-T6 Alloy.

2.2 Coating preparation

The coatings were obtained and optimized in the Thermal Spray Centre (Barcelona – Spain), using a KINETICS 4000 CGT (Cold Gas Technology GmbH). For the aluminum coating, the optimized parameters were 25 bar, temperature of 350 °C, traversing velocity of 500 mm/s, distance from the substrate 40 mm and deposition of 5 layers with 1 mm step size. The copper coatings were obtained as follow: traverse speed of 500 mm/s, standoff distance of 40 mm, nitrogen gas temperature of 400 °C and pressure of 30 bar, and five-layer deposition. The WC-25Co coatings were performed using a traverse velocity of 250 mm s⁻¹, P/T ratio of 0.044, and four-layer deposition.

2.3 Coating characterization

The phase compositions and microstructures of the coatings and powders were investigated by X-ray diffraction (XRD), using a Siemens Model D5000 diffractometer. The morphologies and chemical compositions of the powders and coatings were analyzed by scanning electron microscopy (SEM), using a JEOL JSM-5310 microscope coupled to an X-ray microanalysis (EDS) system. Optical images were also used to determine the coating porosity (ASTM E2109-01).

2.4 Corrosion tests

The protection provided by the coating was investigated by recording the E_{OCP} responses during long immersion times \approx 1000 h. Salt spray tests of coatings were performed with a Dycometal SSC-400 Salt Spray Cabinet in a neutral mist 5 wt% NaCl at 35 °C for 1000 h, in accordance with ASTM B117-11 Standard Practice. As no signals of corrosion of the substrate were observed up to 1000 h, time established by the Standard Practice, the salt spray test was continued for a total of 3000 h

3 | RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Surface and cross section characterization of powders and coatings

The Al and Cu powder particles were mostly spherical in shape and without pores (Figure 1), with mean particle size of $22\pm 2\ \mu\text{m}$ (Al), and $31\pm 2\ \mu\text{m}$ (Cu). The SEM images (Figure 1) indicated that satellite particles with sizes in the submicron range were formed during solidification in the gas atomization process [5]. SEM images of the WC-25Co (Figure 1 c) showed that the powders were uniform, porous, and had similar spherical morphologies. SEM images of the powder cross sections showed submicron WC particles randomly distributed in the matrices (Figure 1 d). EDS analysis showed that the particles were composed of WC, because the particle areas were rich in tungsten, while the other dark phase around the WC grains was cobalt, which acted as a binder.

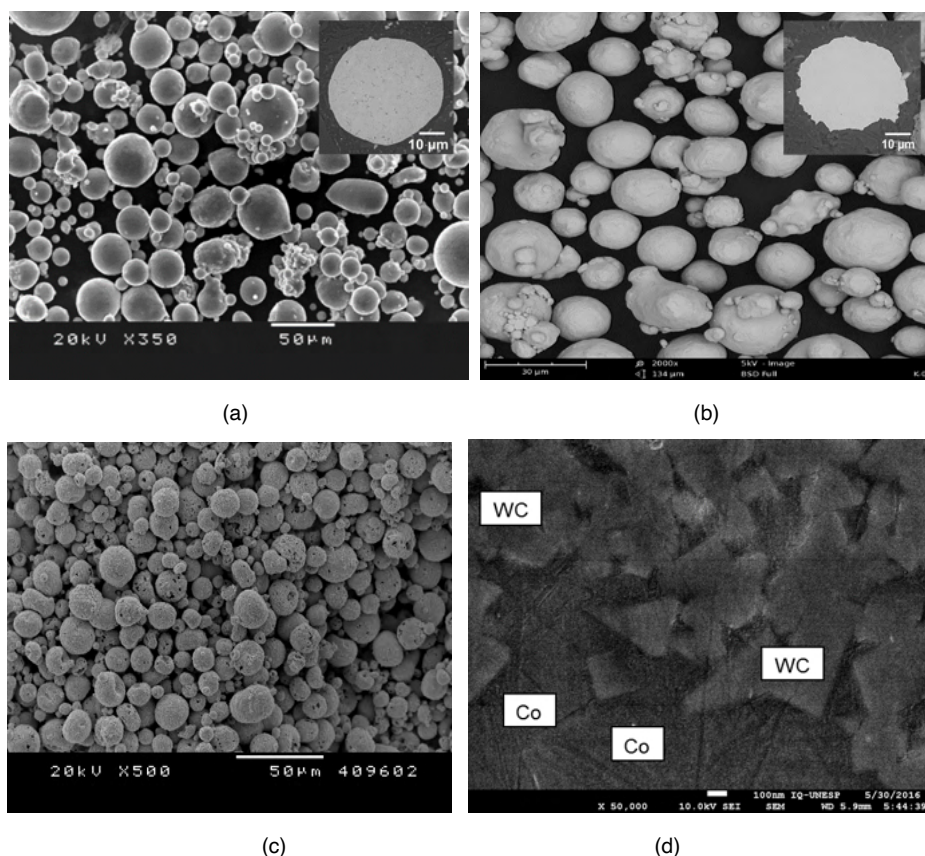
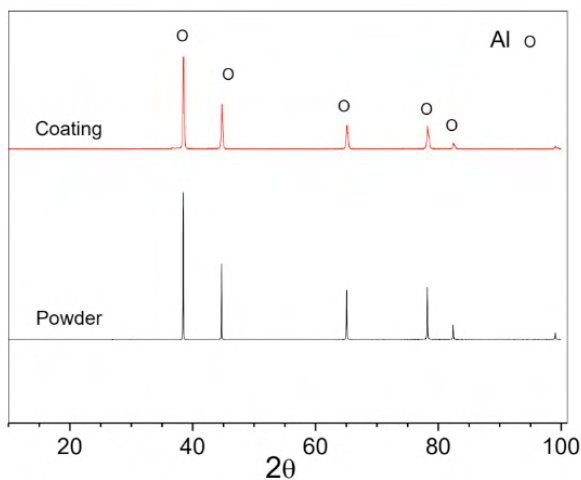


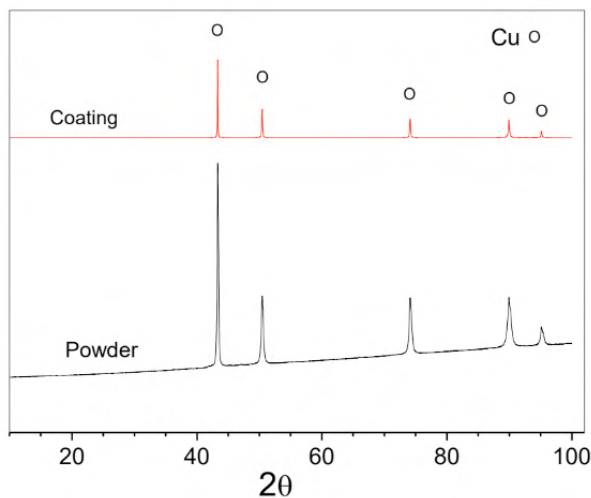
Figure 1 - SEM images showing the morphology of the powders: (a) Aluminum powder and the cross section of a particle (insert), (b) Copper powder and the cross section of a particle (insert), (c) WC-25Co powder, and (d) Cross section at high magnification of a WC-25Co particle.

The diffractograms of the coatings and the powders showed the same characteristic

peaks respectively (Figure 2). Therefore, the compositions of the feedstock material and the coating were similar, being homogeneous and almost oxide-free. Since CGS is a solid-state deposition technique, the high kinetic and low thermal energies produce coatings with low oxide contents and without fragile phases. These characterization results confirmed that the feedstock powder had ideal size and morphology for being sprayed by CGS, as previously discussed by Champagne et al. [6] and Pawlowski et al. [7].



(a)



(b)

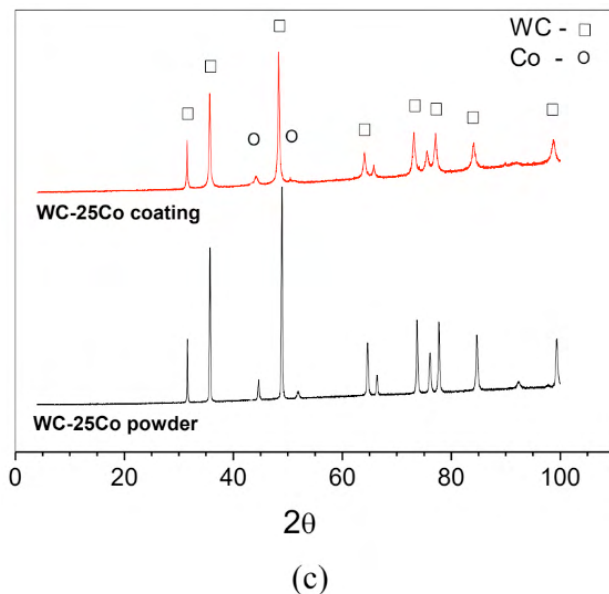


Figure 2 - X-ray diffractograms of the powders and coatings. (a) Aluminum, (b) Copper, and (c) WC-25Co.

3.2 Corrosion tests

For Al coating the E_{OCP} values oscillated and increased in the first hours of immersion (Figure 3). After these periods, the E_{OCP} values have oscillated with time around -0.87 V/Ag|AgCl|KCl 3 mol/L with different amplitudes not higher than 0.1 V. This value of E_{OCP} suggests that the substrate was not attacked by the electrolyte yet, since the potential of the substrate is around -0.75 V/Ag|AgCl|KCl 3 mol/L. The high barrier effect is due the high thickness of the coating ($381 \mu\text{m}$) and dense microstructure with porosity lower than 0.8%. For the coatings, the oscillations of potential are caused by the formation/repassivation of pits on aluminum surface [8]. Chloride ions adsorb onto the oxide film formed on the metallic coating, penetrate the film, then assist the localized dissolution at specific sites at the oxide/Al interface, leading to the formation of oxide blisters that develop into pits [8].

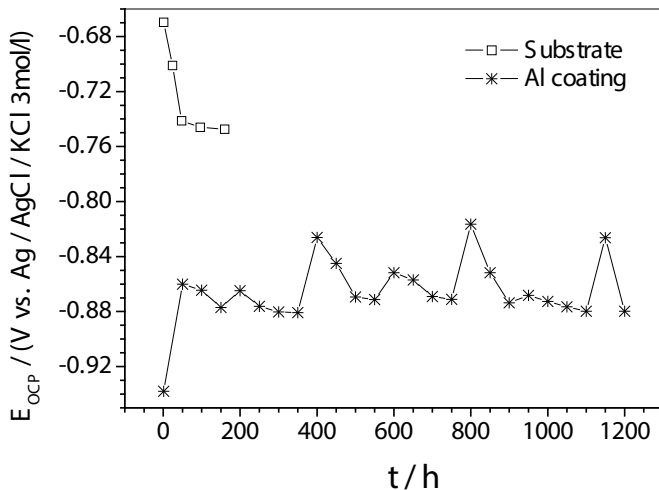
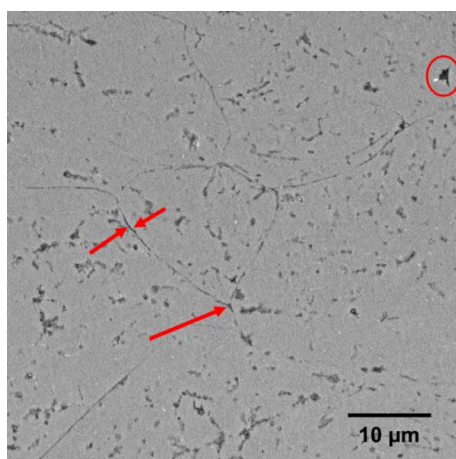
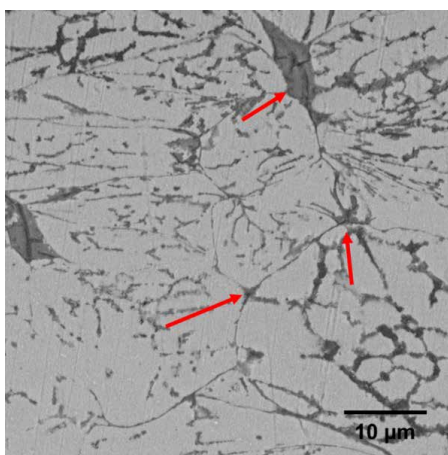


Figure 3 - E_{OCP} versus time measured in aerated and unstirred 3.5 wt.% NaCl solution for the substrate, and aluminum coated samples for relatively long immersion times.

The Al cold spraying coatings corrosion mechanism occurs when pits begin to be formed on the thinner and/or defected aluminum oxide film on Al coatings, and mainly surrounding the defects of Al particles (Figure 4 a). Corrosion around these particles can be explained, as usual, by the formation of local cells. Increasing the immersion time, the pores are enlarged (Figure 4b and 4c) due to the reaction with chloride ions, and then the top of coating cross section is damaged (Figure 4d).



(a)



(b)

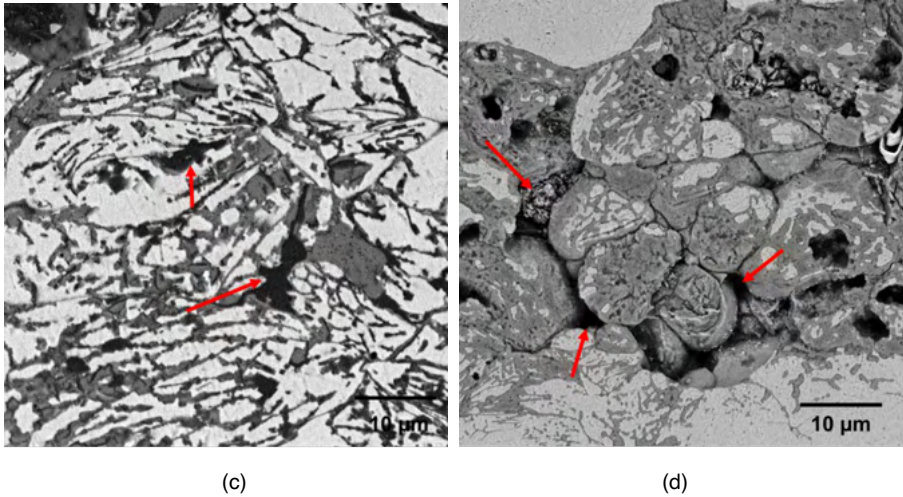


Figure 4 - SEM images of the corrosion process to explain the corrosion mechanism for the Al coatings. (a) the polished Al coating cross section as-prepared, (b) the corroded area after 96 h of immersion in 3.5% NaCl, (c) the corroded area after 400 h of immersion in 3.5% NaCl, and (d) the corroded area after 1000 h of immersion.

The analysis of the outer part of the coating shows a region which is completely full of defects and/or pits and some particles of aluminum were not attacked, suggesting that the pitting process begins at the border of the greater Al particles by the dissolution of small ones. The EDS analysis only showed aluminum and oxygen as the main elements in the outer layer and attacked region, and neither chloride nor oxygen were detected in coating/steel interface for all coatings and delamination was not observed on the coating/substrate interface suggesting that the electrolyte did not reach the substrate up to 1000 h of immersion.

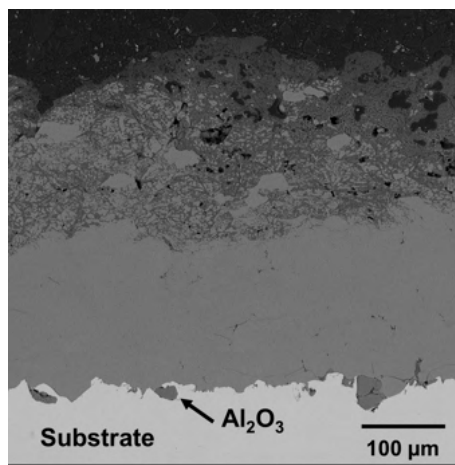


Figure 5 – Cross section image of Al coating after 1000 h of immersion in 3.5% NaCl solution.

For the Cu-Safina and Cu-FST coatings, E_{OCP} values slightly decreased in the first hours of immersion (Figure 6), probably due to the dissolution of oxides on the surface. After 48 h the potential was around -0.20 V/Ag|AgCl|KCl3mol/L and remained constant until the last hour of immersion (Figure 6). This suggests that the electrolyte does not reach the coating/substrate interface after relatively long immersion times (~1100 h). This hypothesis is supported by the observation of the cross-sectional SEM images (Figure 7) and EDS analyses performed after long immersion times. Corrosion of the substrate is not observed, since these coatings are dense and compact, with porosity of 0.5% and showed thickness up to 632 μm . Only oxides formation and copper dissolution can be seen at the region close to the top surface. EDS analysis at the cross section revealed only copper and oxygen as the main constituents, indicating that the electrolyte did not reach the substrate.

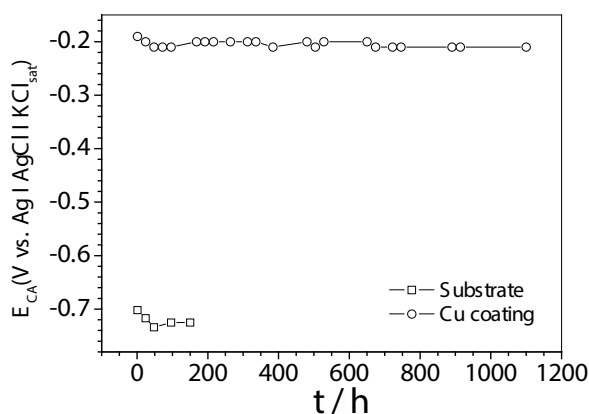


Figure 6 - E_{OCP} versus time measured in aerated and unstirred 3.5 wt.% NaCl solution for the substrate, and copper coated samples for relatively long immersion times.

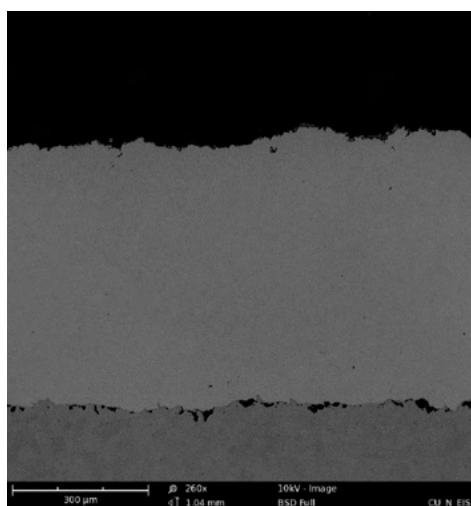


Figure 7 – Cross-section image of Cu coating after 1100 h of immersion in 3.5% NaCl solution.

For the carbide coating, the E_{OCP} values decreased in the first hours of immersion (Figure 8), possibly indicating the dissolution of native oxides present at the surface, due to the adsorption and attack of chloride. The dissolution of native oxide could then have exposed the cobalt matrix, which is a more active phase, leading to the decreases of the open circuit potential. After 100 h and until the end of E_{OCP} measurements (≈ 700 h), the E_{OCP} of the coating stabilized around ~ -0.48 V vs. Ag|AgCl|KCl3mol/L, values suggested that the electrolyte did not reach the substrate after long immersion times, since the potential for the substrate was ~ -0.85 V vs. Ag|AgCl|KCl3mol/L.

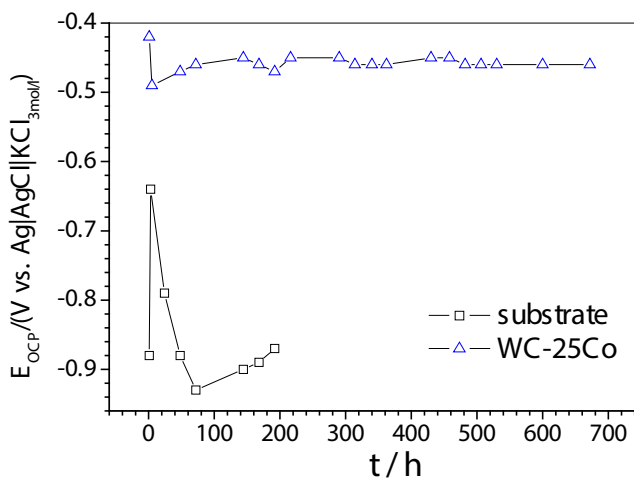


Figure 8 - E_{OCP} versus time measured in aerated and unstirred 3.5 wt.% NaCl solution for the substrate, and WC-25Co coated samples for relatively long immersion times.

Microscopy analyses of the surface (Figure 9) obtained during or at each immersion time at open circuit potential help us to understand the corrosion mechanism for the WC-25Co coatings. Image analysis revealed an almost oxide-free coating (Figure 9 a), which could explain the initial decrease in the E_{OCP} value. The small variation of potential could be explained by the formation/dissolution of corrosion products, particularly on the surface near WC particles, where chloride ions adsorb onto the cobalt binder. Small coating defects, mainly around the WC particles, together with galvanic effects, assisted the accelerated dissolution of the Co phase at specific sites (Figure 9b), generating deep attack in these areas. Corrosion around the WC phase could be explained by the known formation of local cells between the WC phase (nobler) and the Co matrix (more active). The dissolution of the Co phase and the loss of WC particles could lead to interconnected porosity and paths as show in Figure 9c. The preferential dissolution of Co could cause the detachment of WC particles, even if they are insoluble, resulting in a rough appearance of the surface (Figure 9d). Due to the thickness of the WC-25Co coating ($118 \mu\text{m}$) and low porosity ($<0.5\%$) the electrolyte did not

reach at substrate surface (Figure 10). Only small amount of oxides were present near the top surface. EDS analysis (not show here), of the corroded cross section revealed the presence of only tungsten, carbon, cobalt, and oxygen. Aluminum was not detected, indicating that the electrolyte had not reached the substrate, even after ~700 h of immersion.

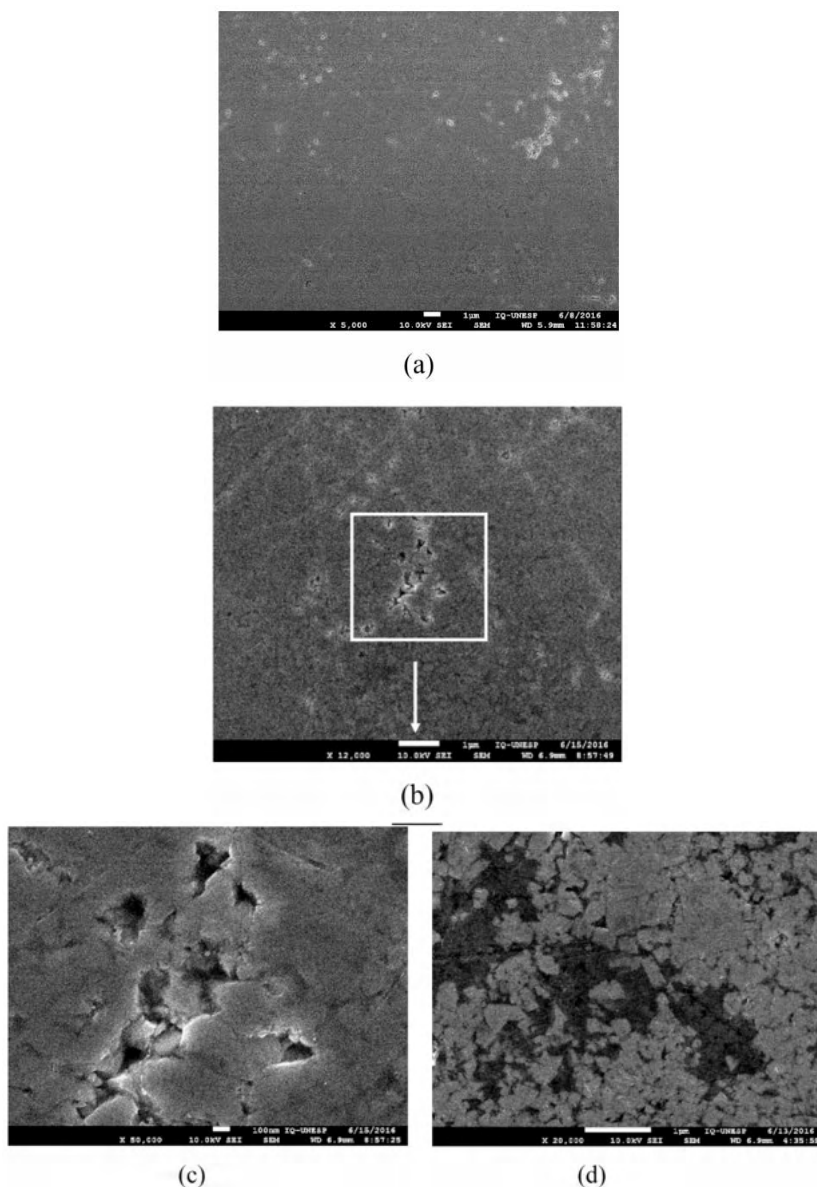


Figure 9 - SEM images of (a) the polished WC-Co coating surface, (b) the corroded area after 96 h of immersion in 3.5% NaCl, (c) the region indicated in (b), at higher magnification, showing (A) intact WC particles, (B) deep attack to specific sites of the cobalt phase, and (C) loss of the WC particles, and (d) Overview of the coating after corrosion test.

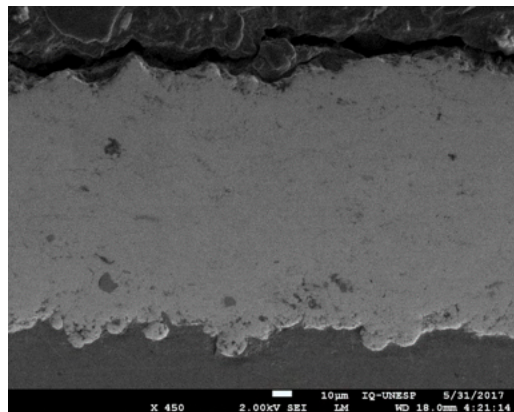


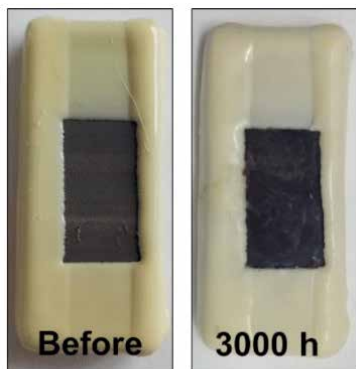
Figure 10 – Cross section image of WC-25Co coating after 700 h of immersion in 3.5% NaCl solution.

Salt spray tests, the images of all coating surfaces (Figure 11), showed no signs of substrate corrosion. In order to confirm these observations, the surfaces of the coatings were analyzed by EDS. All coatings after 2000 h of exposure showed some corrosion products (oxides/hydroxides) on the surface. However, EDS analysis confirmed only oxygen, sodium, chloride, and aluminum. Therefore, the electrolyte did not reach at coating/substrate interface. For the Cu coating, copper dissolution can be observed and some areas are covered by corrosion products (oxides/hydroxides), but even after 2000 h there are no signs of substrate corrosion, as also confirmed by EDS surface analyzes. The EDS analysis confirmed only oxygen, sodium, chloride, and copper, but no iron was detected for the coatings, confirming that these coatings act as a barrier and protect the substrate even after 2000 h of exposure to 5 wt.% NaCl solution. Aluminum was not detected on the WC-25Co surface, corroborating the better performance of this coating, as indicated by electrochemical results. The samples remained practically unaltered after 3000 h of the salt fog test, indicating the very high performance of this coating.



(a)

(b)



(c)

Figure 11 - Images of samples surface after salt spray test: (a) Al coating, (b) Copper coating, and (c) WC-25Co coating.

3.3 Antibacterial and fungicidal applications of copper coatings

In addition to corrosion resistance, copper coatings prepared by CGS can act as antibacterial surface against *Staphylococcus aureus*, and *Escherichia coli* and as fungicidal coating against *Candida albicans*. Fast antibacterial assay confirmed that the copper surface coating was able to successfully inactivate *Staphylococcus aureus* after a few minutes of contact [9]. There were 2 orders of magnitude inhibition of bacterial growth after the first 5 min of contact, followed by complete mortality of the bacteria after 10 min (Figure 12). In contrast, no inhibition of bacterial growth was observed for the control (a glass surface).

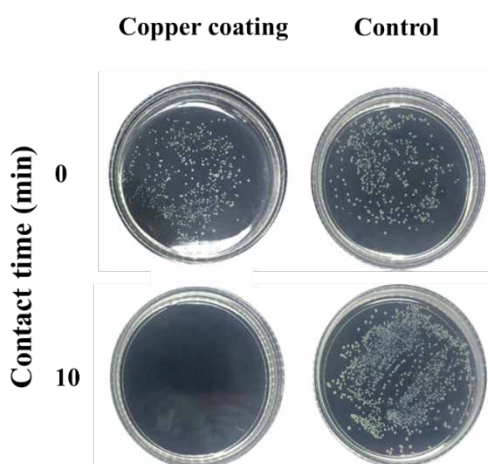


Figure 12. Growth of *Staphylococcus aureus* colonies in Petri dishes after 24 h at ~25 °C.

The antimicrobial activity of copper coatings was also evaluated by plate spreading method, XTT assay, and confocal fluorescence microscopy [10]. The results showed that copper coatings were effective as an antimicrobial agent by blocking the adhesion and viability of *C. albicans* and killing the surface adhered bacterial strains, significantly reducing the biofilm survival. Images of confocal fluorescence microscopy, live/dead cell viability assays (Figure 13), showed that the copper coatings in contact of microorganisms killing the bacterial strains (red areas), and decrease the adhesion (black areas) and killing the fungus strains (red areas).

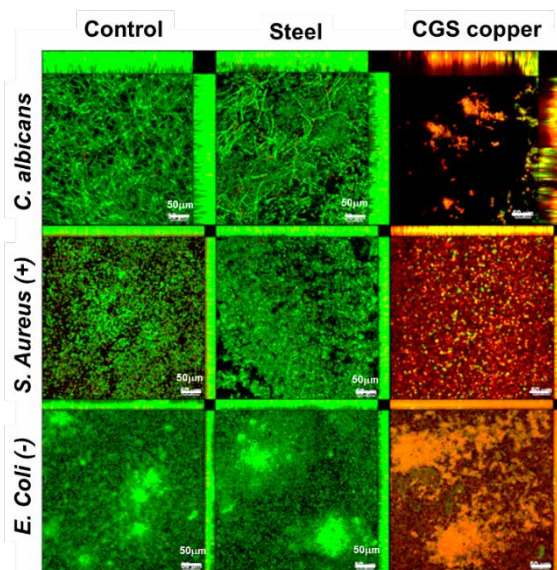


Figure 13 - Live/dead cell viability assays.

Therefore, cold gas spray coating could be reality strategies to control bacterial and fungicidal contamination of the surface materials, especially in public places and hospitals.

4 | CONCLUSION

Different types of CGS coatings may be produced by the cold gas spray (CGS) technique due to the high kinetic energy and low thermal energy used for the coating deposition. The coatings may present very low porosity, low oxide content, excellent corrosion resistance immersed into an aggressive medium for more than 1000 h, and protection to the substrate against corrosion in salt fog tests for 3000 h. The CGS is a reality technology to help industry in protecting many materials against corrosion, extending their service life and cost-effective by avoiding substitution of many parts in the industrial parks and of industrial products. Copper-based coatings produced by CGS showed high antimicrobial activity against

Methicillin-susceptible *Staphylococcus aureus* (MSSA-ATCC 25923), *Escherichia coli* (ATCC 25922) and *Candida albicans* (SC 5314). They also significantly reduced the biofilm survival.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa), PNPd-CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior) and FAPESP/CEPID for the scholarships and financial support. They also thank the CPT-Barcelona University by the facilities. The authors also thank Dr. Paula..., Pedro... for the collaboration in copper coatings studies as antibacterial and fungicidal.

REFERENCES

- [1] Sovolev, V., Guilemany, J. M., Nutting, J. High velocity oxy-fuel spraying. London: Maney, 2004.
- [2] S. Yin, P. Cavaliere, B. Aldwell, R. Jenkins, H. Liao, W. Li, R. Lupoi, Cold spray additive manufacturing and repair: Fundamentals and applications, Additive Manufacturing 21 (2018) 628–650. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.04.017>
- [3] F. S. da Silva, N. Cinca, S. Dosta, I. G. Cano, J. M. Guilemany, A. V. Benedetti. Cold gas spray coatings: basic principles, corrosion protection and applications. Eclética Química. 42 (2017) 09-32. <https://doi.org/10.26850/1678-4618eq.v42.1.2017.p09-32>
- [4] SciFinder – CAS. <https://scifinder.cas.org>
- [5] S. Lagutkin, L. Achelis, S. Sheikhaliev, V. Uhlenwinkel, V. Srivastava, Atomization process for metal powder, Mater. Sci. Eng. A 383 (2004) 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2004.02.059>. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2004.02.059>
- [6] Champagne V. K. The cold spray materials deposition process Fundamentals and applications, 2007. <https://doi.org/10.1533/9781845693787.frontmatter>
- [7] Pawlowski, L. The science and engineering of thermal spray coatings, John Wiley & Sons, Chichester, 2nd ed., 2008.
- [8] F.S. da Silva, J. Bedoya, S. Dosta, N. Cinca, I.G. Cano, J.M. Guilemany, A.V. Benedetti, Corrosion characteristics of cold gas spray coatings of reinforced aluminum deposited onto carbon steel, Corrosion Science 114 (2017) 57–71. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2016.10.019>.
- [9] F. S. da Silva, N. Cinca, S. Dosta, I. G. Cano, J. M. Guilemany, C. S. A. Caires, A. R. Lima, C. M. Silva, S. L. Oliveira, A. R. L. Caires, A. V. Benedetti. Corrosion resistance and antibacterial properties of copper coating deposited by cold gas spray, Surface and Coatings Technology, 361 (2019) 292-301. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2019.01.029>
- [10] F. S. da Silva, N. Cinca, S. Dosta, I. G. Cano, J. M. Guilemany, A.C.A.de Paula e Silva, P.A.Barbugli, C.E.Vergani, A. V. Benedetti. Anti-biofilm activity and in vitro biocompatibility of copper surface prepared by cold gas spray Surface and Coatings Technology, 411 (2021) 126981. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2021.126981>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção 84, 85, 86, 93, 94, 95, 98, 99, 151
Adsorvente 84, 94, 95
Agência de Proteção Ambiental Americana - USEPA 15
Agência Nacional de Mineração - ANM 145, 153
Aguas residuales 25
Águas superficiais 98
Ambiente aquático 98
Análise qualitativa 50
Análise quantitativa 1
Antioxidante 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57
Argilominerais sintéticos 84

B

Biocombustíveis 108, 116
Biomassa 81, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 114, 118

C

Câncer 15, 54
Catalisador 42, 99, 101, 107, 108, 109, 110, 111, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127
Combustíveis fósseis 120, 121
Compostos tóxicos 98
Comprimido 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11
Contaminantes ambientais 13
Corantes 17, 97, 98
Corrosion 129, 130, 131, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143
Cromatografia gasosa 41, 42, 46, 47, 112, 116

D

Degradação térmica 109
Desenvolvimento sustentável 144
Destilação 40, 41
Doseamento 1, 6

E

Ecosistemas aquáticos 79

Efeito estufa 121

Efluentes industriais 98

Electrochemical Impedance Spectroscopy -EIS 130

Eletrodo 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 24

Espectrofotometria 25, 26

Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier - FT IR 109

Essential oils 48, 156, 157

Etanol 43, 50, 52, 120, 121, 126, 127, 184

Eutrofização 79

F

Farmacocinéticos 2

Fármacos 12, 98, 106

Fertilizantes 76, 77, 81, 98

Fitoquímica 50, 52, 53, 54, 55

Flora 51, 150

Fósforo 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83

Fotocolorímetro 25, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39

G

Green diesel 108, 116

H

Hidroalogenação 40, 42, 43

Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPAs 13, 14, 15, 23

High Performance Liquid Chromatography - HPLC 60, 66, 69, 73, 74

I

Impacto ambiental 16, 144, 153

L

Lantanídeos 160, 161, 162, 164, 165, 166, 167, 170, 171, 176, 180, 181, 183, 184, 185

Legislação ambiental 98

M

Material particulado em suspensão 145

Medicamentos 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10
Meio ambiente 13, 14, 23, 81, 98, 107, 120, 121, 146, 148, 152, 153
Metais pesados 84
Metais traços 98
Metal Organic Frameworks - MOF's 58
Métodos eletroanalíticos 14
Micro-organismos 152
Mineração 78, 144, 145, 153

N

Nanoparticles - NP 156, 157, 158, 159, 186
Normas Reguladoras de Mineração - NRM 145, 153

P

Partículas totais em suspensão - PTS 145
Pirólise 15, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117, 118
Planejamento fatorial 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49
Plantas medicinais 51, 56, 57
Poluentes orgânicos 84, 98
Poluição atmosférica 145
Potencial carcinogênico 14

R

Reação de Fenton 97, 99, 101
Recursos hídricos 81, 98

S

Solução tampão 14, 18
Supressores químicos 144, 145, 146, 153
Sustentabilidade 76, 82, 107, 149

T

Taninos 50, 52, 53, 54, 56
Terpeno 40, 42
Toxicidade 5, 15, 16, 56, 184
Troca iônica 84, 85, 147

V

Voltametria 14, 16, 24

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

2


Ano 2021

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

2