



As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

**Atena**
Editora
Ano 2021



As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

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

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

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

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-769-7

DOI 10.22533/at.ed.697211102

1. Engenharia. I. Tullio, Franciele Braga Machado (Organizador). II. Machado, Lucio Mauro Braga (Organizador). III. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

APRESENTAÇÃO

A obra “As Engenharias Agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento” contempla vinte capítulos em que os autores abordam suas pesquisas aplicadas nos mais diversos setores da engenharia.

Pesquisas relacionadas a propriedades físico-químicas de materiais e desenvolvimento de novos produtos com a finalidade de aplicar na indústria.

Desenvolvimento de novos materiais e aplicação de inteligência artificial para utilização na medicina também são abordados.

Geração de energia, desenvolvimento de projetos sustentáveis e tratamento de efluentes são assuntos em evidência no meio acadêmico.

Por fim, estudo sobre a gestão de projetos de obras de arte especiais com a finalidade de auxiliar os gestores na tomada de decisões e intervenções nas mesmas.

Esperamos que esta obra promova ao leitor o desejo de desenvolver ainda mais estudos, agregando mais conhecimento em setores de pesquisa e desenvolvimento. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

CONSTRUÇÃO DE IMPELIDORES POR MANUFATURA ADITIVA: UMA METODOLOGIA PARA O ENSINO DE OPERAÇÕES UNITÁRIAS

Tadeu Henrique Aparecido da Silva

Monica Taís Siqueira D'Amelio

DOI 10.22533/at.ed.6972111021

CAPÍTULO 2..... 17

DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ACIDEZ E PERÓXIDO NO ÓLEO DE FRITURA UTILIZADO NO REFEITÓRIO DO IFMT – CAMPUS CONFRESA

Fábio Gonçalves Marinho

Felipe Gimenes Rodrigues Silva

Ulisses Alberto Rodrigues da Silva

Milton Fantinell Junior

Carlos Bonfim Gonçalves Marinho

Geovana Rodrigues Soares

DOI 10.22533/at.ed.6972111022

CAPÍTULO 3..... 22

ESTUDO DA SEDIMENTAÇÃO DESCONTÍNUA DE CaCO_3 E Ca(OH)_2 EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES VISANDO A SEPARAÇÃO DE PARTICULADO

Dinalva Schein

Carolina Smaniotto Fronza

Gabriela Aline Kroetz Bremm

Isaac dos Santos Nunes

Andréia Monique Lermen

Naiara Jacinta Clerici

Paula Gabriela Dalla Porta

Suelyly Ribeiro Hollas

DOI 10.22533/at.ed.6972111023

CAPÍTULO 4..... 33

FUNCIONALIZAÇÃO DO TERPOLÍMERO ACRILONITRILA-BUTADIENO-ESTIRENO COM ANIDRIDO MALEICO – UMA REVISÃO DA LITERATURA

Carlos Bruno Barreto Luna

Danilo Diniz Siqueira

Eduardo da Silva Barbosa Ferreira

Edson Antonio dos Santos Filho

Edcleide Maria Araújo

DOI 10.22533/at.ed.6972111024

CAPÍTULO 5..... 54

ANÁLISE DE DESGASTE NAS LASTRINAS DA CAIXA MATRIZ NA INDÚSTRIA DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS

Tiago da Silva Fernandes

Anderson Daleffe

DOI 10.22533/at.ed.6972111025

CAPÍTULO 6..... 68

ANÁLISE QUÍMICA E ÂNGULO DE CONTATO DE FILMES FORMADOS POR BLENDA DE POLIESTIRENO/POLI(CAPROLACTONA) FOTODEGRADADAS POR LUZ ULTRAVIOLETA

Catarina Barbosa Levy

Maria Oneide Silva de Moraes

Walter Ricardo Brito

João de Deus Pereira de Moraes Segundo

DOI 10.22533/at.ed.6972111026

CAPÍTULO 7..... 75

APLICAÇÃO DE NANOBIMATERIAIS NO TRATAMENTO DE FERIDAS

Rayanne Cornelio Silva Carvalho

Deuzuita dos Santos Freitas Viana

Vicente Galber Freitas Viana

DOI 10.22533/at.ed.6972111027

CAPÍTULO 8..... 87

INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE FERROCARBONILA EM MATERIAIS ABSORVEDORES DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Cecília Maia Corsato

Nicholas Eras Fonseca

Bruno Ferraz Donati

Gustavo Freitas de Souza

Rademaks Bento de Oliveira

Valdirene Aparecida da Silva

DOI 10.22533/at.ed.6972111028

CAPÍTULO 9..... 96

INCORPORAÇÃO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADAS EM COMPÓSITO CONCRETO

Gabriela T. Santiago

Matheus Vosgnach

Vinicio Ceconello

Edson Francisquetti

Mara Andrade Zeni

DOI 10.22533/at.ed.6972111029

CAPÍTULO 10..... 105

ANÁLISE DO ÂNGULO DE INCLINAÇÃO SOLAR DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA LOCALIDADES NO BAIXO TOCANTINS – PA

Marinaldo de Jesus dos Santos Rodrigues

Silvio Bispo do Vale

Tatiane Perna Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.69721110210

CAPÍTULO 11	117
SIMULAÇÃO ENERGÉTICA PARA RECUPERAÇÃO DE CALOR DO AR EM AGÊNCIAS BANCÁRIAS	
Alexandre Fernandes Santos	
Jeová Alves Diniz Junior	
Heraldo José Lopes de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.69721110211	
CAPÍTULO 12	131
USO DO SISTEMA DX (EXPANSÃO DIRETA) PARA SISTEMAS GEOTÉRMICOS EM CURITIBA	
Alexandre Fernandes Santos	
Paulo Henrique Colombo	
Heraldo José Lopes de Souza	
Fabio Francisco Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.69721110212	
CAPÍTULO 13	143
MÉTODOS DE APRENDIZAGEM DE MÁQUINA APLICADOS NA CLASSIFICAÇÃO DE NÍVEIS DE APNEIA UTILIZANDO SINAIS DE ELETROCARDIOGRAMA	
João Pedro dos Santos Silva	
Pedro Henrique dos Santos Almeida	
Letícia Chaves Lima Cananéa	
Helder Alves Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.69721110213	
CAPÍTULO 14	153
ANÁLISE E SIMULAÇÃO DE CONTROLE VOLUMÉTRICOS E DINÂMICOS EM SISTEMAS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS PETROLÍFEROS	
Juliana Gomes da Silva	
Savio Raider Matos Sarkis	
DOI 10.22533/at.ed.69721110214	
CAPÍTULO 15	173
UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP) COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO MULTICRITÉRIO NO PROCESSO DE DECISÃO DE PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AMAZÔNIA AZUL	
Andrezza de Oliveira Agápito	
Dalessandro Soares Vianna	
Marcilene de Fátima Dianin Vianna	
Edwin Benito Mitacc Meza	
DOI 10.22533/at.ed.69721110215	
CAPÍTULO 16	185
IMPLANTAÇÃO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM COMPLEXO ALIMENTÍCIO INDUSTRIAL	
Yuri de Oliveira Godoy	

Aldo Muro Júnior

DOI 10.22533/at.ed.69721110216

CAPÍTULO 17..... 196

AVANÇOS PARA MELHORIA DA RESISTÊNCIA À INCRUSTAÇÃO EM MEMBRANAS DE ULTRAFILTRAÇÃO COM POTENCIAL PARA APLICAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS OLEOSAS: uma revisão

Victor José Romão dos Santos

Suellen Cristine Meira

DOI 10.22533/at.ed.69721110217

CAPÍTULO 18..... 211

ANÁLISE PROBABILÍSTICA E DETERMINÍSTICA DA ESTABILIDADE DE TALUDES EM BARRAGEM DE TERRA DO ESTADO DO CEARÁ

Fernando Feitosa Monteiro

Andressa de Araujo Carneiro

Yago Machado Pereira de Matos

Giovanna Monique Alelvan

DOI 10.22533/at.ed.69721110218

CAPÍTULO 19..... 222

A GESTÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS MUNICIPAIS: CONCEPÇÃO DE UM MODELO CONCEITUAL DE BANCO DE DADOS APLICADO ÀS PONTES, VIADUTOS E PASSARELAS

André Felipe Bozio

Vivian da Silva Celestino Reginato

DOI 10.22533/at.ed.69721110219

CAPÍTULO 20..... 240

ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS DO PORTO MARAVILHA, RIO DE JANEIRO: TRANSFORMAÇÕES URBANAS

Amanda Martins Marques da Silva

Gisele Silva Barbosa

Patricia Regina Chaves Drach

Eduardo Praun Machado

Victor Marques Zamith

DOI 10.22533/at.ed.69721110220

SOBRE OS ORGANIZADORES 255

ÍNDICE REMISSIVO..... 256

ANÁLISE DE DESGASTE NAS LASTRINAS DA CAIXA MATRIZ NA INDÚSTRIA DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 06/11/2020

Tiago da Silva Fernandes

UNISATC

Criciúma – SC

<http://lattes.cnpq.br/2349493395025169>

Anderson Daleffe

UNISATC

Criciúma – SC

<http://lattes.cnpq.br/7569701338186684>

RESUMO: Os desgastes prematuros em peças mecânicas nas indústrias geram perdas expressivas de produção, custos e gastos com mão de obra de manutenção. Em uma empresa de revestimentos cerâmicos que produz porcelanato técnico com massa altamente abrasiva proporcionada pelo alto teor de matérias primas de natureza feldspáticas, o desgaste prematuro é um dos problemas característicos da linha de produção, isso ocorre de forma relevante na prensagem do porcelanato, onde acontece a compactação do pó cerâmico e decorre o desgaste nas lastrinas que revestem a cavidade da caixa matriz. Esta pesquisa tem como objetivo comparar três condições diferentes para cada grupo de amostras. Através do ensaio em abrasômetro roda de borracha em areia seca seguindo a norma da *American Society for Testing and Materials* (ASTM G65), foram preparados corpos de prova em amostras com aço ferramenta conforme classificação

da *American Iron and Steel Institute* (AISI) D6; sem tratamento superficial, com tratamento superficial de cromagem e com revestimento aspergido por *High Velocity Oxy-Fuel* (HVOF) de carboneto de tungstênio. Em paralelo a pesquisa no laboratório foram feitos testes práticos na linha de produção, para poder coletar dados reais do processo produtivo com as mesmas três condições. Os resultados preliminares nos corpos de prova dos testes práticos indicaram que o tratamento com aspersão térmica de carboneto de tungstênio apresentou melhor rendimento comparado aos outros dois testes. A durabilidade das caixas matriz expostas em variação percentual, obtiveram vida útil média de 36,29% com tratamento superficial de cromagem e 586,68% com revestimento aspergido, ambas relacionadas com o valor de durabilidade média das caixas matriz sem tratamento superficial. Essa pesquisa demonstrou através dos resultados prático e laboratorial, a eficácia do tratamento de superfícies com aplicação de aspersão térmica contra os efeitos nocivos que os desgastes abrasivos provocam nas indústrias. **PALAVRAS-CHAVE:** Revestimentos cerâmicos. Desgaste abrasivo. Aspersão térmica.

WEAR ANALYSIS ON MATRIX BOX BALLASTINES IN THE CERAMIC TILE INDUSTRY

ABSTRACT: Premature wear on mechanical parts in industries generates significant production losses, costs and maintenance labor expenses. In a ceramic tile company that produces technical porcelain tiles with a highly abrasive mass provided by the high content of feldspatic raw

materials, premature wear is one of the characteristic problems of the production line. This occurs significantly in the pressing of porcelain tiles, where the ceramic powder is compacted and wear occurs in the ballast that cover the cavity of the matrix box. This research aims to compare three different conditions for each group of samples. Through the abrasometer test rubber wheel on dry sand following the American Society for Testing and Materials (ASTM G65) standard, specimens were prepared with tool steel according to American Iron and Steel Institute (AISI) D6 classification; without surface treatment, with chrome plating surface treatment and with tungsten carbide High Velocity Oxy-Fuel (HVOF) sprayed coating. In parallel with the research in the laboratory, practical tests were made on the production line in order to collect actual data from the production process under the same three conditions. The preliminary results in the test bodies indicated that the treatment with thermal spraying of tungsten carbide showed better performance compared to the other two tests. The durability of the exposed matrix box in percentage variation, obtained an average lifetime of 36.29% with chrome plating surface treatment and 586.68% with sprayed coating, both related to the average lifetime value of matrix boxes without surface treatment. This research has demonstrated through practical and laboratory results, the effectiveness of surface treatment with thermal spraying against the harmful effects that abrasive wear causes in industries.

KEYWORDS: Ceramic coatings. Abrasive wear. Thermal aspersion.

1 | INTRODUÇÃO

Em uma indústria de revestimentos cerâmicos da região sul do Brasil, produz-se o porcelanato técnico. Um dos principais motivos que caracteriza este dos demais tipos de cerâmicas está relacionado ao processo que envolve alta tecnologia, conferindo ao produto absorção d' água abaixo de 0,1%, elevada resistência mecânica (>45 MPa) e ao desgaste. Esteticamente assemelham-se aos mármore e granitos e possuem a mesma coloração na base e na superfície do revestimento. Além da utilização de matérias-primas de alta qualidade, pressão de conformação entre 35-45 MPa e uma temperatura de queima aproximadamente de 1200 °C [1]. Sendo assim, o processo de fabricação exige várias etapas; extração e controle de matérias-primas, preparação de massa, atomização, mixagem, prensagem, secagem, decoração, queima, polimento, retífica e classificação.

A prensagem é a operação de conformação baseada na compactação do pó atomizado (massa) contido no interior de uma matriz rígida ou de um molde flexível, através da aplicação de pressão. A operação compreende três etapas ou fases: (1) preenchimento da cavidade do molde, (2) compactação da massa e (3) extração da peça [2].

Essas fases são realizadas através do equipamento de prensa hidráulica, que se caracteriza pela constância na força e no tempo do ciclo. Para o porcelanato técnico ser conformado nas prensas hidráulicas se faz necessário o uso de estampos, que garantem uma forma geométrica exata. Entretanto os estampos sofrem desgaste devido a massa cerâmica altamente abrasiva. A abrasividade acelera o desgaste nas caixas matriz inferior, que possui duas partes principais; a caixa matriz, que tem formato retangular e são

fabricadas em aço 1045 e a cavidade, que tem o formato da bitola do revestimento cerâmico, esta cavidade é revestida pelas lastrinas, que são fabricadas com aço ferramenta AISI D6. De acordo com o fabricante, o aço ferramenta D6 é um aço de alta estabilidade dimensional e excelente resistência à abrasão, com aplicações destinadas a ferramentas para trabalho a frio em geral, próprio para revestimento de moldes cerâmicos [3]. Como a qualidade do aço utilizado nas lastrinas é padrão e a massa do porcelanato técnico tem na sua formulação alta concentração de feldspato a provável causa do desgaste está relacionada com a abrasividade da massa. O principal objetivo da pesquisa é comparar três condições diferentes testadas na prática e em laboratório através do ensaio em abrasômetro roda de borracha em areia seca seguindo a norma ASTM G65. Foram analisados corpos de prova do aço ferramenta AISI D6 com diferentes tratamentos superficiais, assim como, testes práticos na própria linha de produção para poder coletar dados reais do processo produtivo. Após as devidas comparações será apresentado os resultados obtidos, destacando a melhor condição para reduzir a abrasão e conseqüentemente aumentar a vida útil das caixas matriz.

2 I ESTAMPOS PARA REVESTIMENTOS CERÂMICOS

A definição de estampos para fabricação de revestimentos cerâmicos está associada as condições e ferramentas; para moldagem, compactação e extração, utilizadas no processo de prensagem. Conforme a necessidade e as características dos revestimentos cerâmicos a empresa produtora determina o tipo de estampo [4]. A Fig. 1 apresenta um estampo tipo penetrante com suas ferramentas.

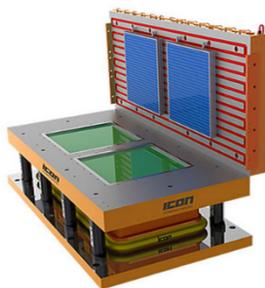


Figura 1: Estampo penetrante completo.

Fonte: Baseado de [5].

2.1 Estampo tipo penetrante

Neste tipo de estamparia o punção superior penetra na cavidade da caixa matriz

durante prensagem. O modelo tradicional utiliza como punção superior a muratura (após prensagem formam o desenho da parte inferior do revestimento cerâmico acabado). O modelo de estampo do estudo é chamado de penetrante invertido, onde o punção superior é liso ou relevo (após prensagem moldam a parte bela da peça cerâmica) [5].

3 I MATERIAIS E MÉTODOS

Com a finalidade de atingir os objetivos propostos da pesquisa, cumprindo os procedimentos das normas ASTM G65 [6] e dos ensaios, foram efetuadas fases preparatórias para alcançar os resultados previstos em laboratório. Em paralelo a pesquisa no laboratório executou-se testes práticos na linha de produção da indústria de revestimento cerâmicos, com o objetivo de coletar dados reais do processo produtivo com as mesmas condições.

3.1 Preparação das amostras

Foram preparados doze corpos de provas com a medida de 3" x 1" x 1/2" conforme a norma ASTM G65 [6], divididos em quatro amostras para três grupos de condições diferentes. As condições testadas foram em aço ferramenta AISI D6 sem tratamento superficial, aço ferramenta AISI D6 com tratamento superficial de cromagem e aço ferramenta AISI D6 com revestimento aspergido por HVOF de carboneto de tungstênio. As etapas de preparação das amostras foram executadas e disponibilizadas pela empresa ICON S.A Estampas e Moldes, Criciúma – SC.

3.1.1 Amostra em aço AISI D6 sem tratamento superficial

A partir de uma barra de aço ferramenta AISI D6, foram realizados os cortes das amostras em máquina policorte. Após as mesmas foram usinadas em fresadora manual para aproximar medidas estabelecidas pela norma conforme item 3.1. Posteriormente as amostras foram tratadas termicamente com processo de têmpera e revenido, resultando em uma dureza final de 59 HRC. Deste modo as amostras passaram pelo processo de retificação, determinando as dimensões finais de acordo com o item 3.1 em conformidade com a norma. Essas amostras do primeiro grupo não receberam nenhum tipo de tratamento superficial.

3.1.2 Amostra em aço AISI D6 com tratamento superficial de cromagem

As amostras do segundo grupo foram preparadas conforme as do grupo anterior, passaram pelos processos de corte, fresamento, tratamento térmico e acabamento em retífica determinando as medidas finais. Por conseguinte, as mesmas foram encaminhadas para tratamento superficial de cromagem, realizadas na empresa Cromocil Ltda., Içara - SC. Após tratamento superficial as amostras retornaram para empresa ICON para serem retificadas novamente, garantido acabamento e medidas conforme norma ASTM G65.

3.1.3 Amostra em aço AISI D6 com revestimento aspergido por HVOF de carboneto de tungstênio

Conforme os procedimentos descritos anteriormente no primeiro grupo, estas amostras também seguiram os processos de preparação. Assim os corpos de prova do terceiro grupo foram enviadas a empresa Rijeza Metalurgia Ltda., localizada na cidade de São Leopoldo – RS, para aplicação de revestimento de carboneto de tungstênio utilizando o processo de aspersão óxi-combustível de alta velocidade, denominado como HVOF. De acordo com os procedimentos de aplicação da empresa foram executadas etapas; de limpeza de superfície, para eliminar todo contaminante e o jateamento com óxido de alumínio para gerar rugosidade necessária para ancoramento do revestimento. Assim sendo aplicou-se o revestimento, nessa etapa controlou-se as distâncias, velocidades periféricas e ângulos de ataque do processo [7]. No ensaio de desgaste em abrasômetro apenas uma das faces com medida 1” x 3” foram ensaiadas, portanto a aspersão térmica ocorreu somente nesta área específica. Logo após, as mesmas retornaram para a empresa ICON para acabamento em retífica e padronização de medidas conforme norma ASTM G65.

3.2 Preparação para realização de ensaios

Primeiramente destinou-se os corpos de prova para desmagnetização, devido as etapas de retificação das faces, visto que, a retífica utiliza mesa magnética, se fez necessário desmagnetizar as amostras utilizando equipamento desmagnetizador. Em seguida as mesmas foram limpas com detergente neutro em água corrente e depois levados à cuba ultrassônica, com banho de álcool etílico 99,5% por 10 minutos, com a finalidade de retirar sujeira de óleo, gordura, etc [8]. Este procedimento de limpeza realizou-se nos corpos de prova para verificação de massa inicial, massa final após ensaio de desgaste e para execução dos ensaios de microdureza e rugosidade de superfície. Posteriormente efetuou-se a secagem e com o instrumento Rugosímetro de modelo Mitutoyo SJ-310 verificou-se a leitura de rugosidade das superfícies das amostras, conforme a norma de ensaio ASTM G65 que admite o valor de rugosidade máxima de Rz 0,8 µm. Enfim destinou-se as amostras para serem reconhecidas sua massa inicial, em balança analítica modelo BEL M214Ai com precisão de quatro casas após a vírgula, com calibração interna. A massa inicial referida para cada corpo de prova será a média aritmética de três medições consecutivas.

3.3 Ensaios de dureza

A determinação da dureza Vickers, realizou-se em um microdurômetro Shimadzu HMV-2TADW, com carga aplicada de 1,96 N e com tempo de penetração de 10 segundos. Realizou-se o ensaio nos três tipos de condições de acordo com item 3.1.

3.4 Ensaios de desgaste abrasivo

Os ensaios de desgaste em roda de borracha em areia seca foram executados

no abrasômetro do Laboratório de Desgaste de Superfície – LDS, do departamento de mestrado da UNISATC. Utilizou-se o procedimento “A” da norma ASTM G65, segundo o método, indicado para condições severas de classificação de materiais de média a elevada resistência a abrasão. Os parâmetros de teste configurados no aparelho foram os seguintes: força normal 130 N, rotação da roda de borracha 200 rpm, vazão da areia 300 g/min, tipo de areia NBR 7214 N°. 50 e duração do ensaio 6089 rpm [8]. Foram ensaiados nove corpos de provas do aço ferramenta AISI D6 divididos em três grupos de acordo com as condições citadas no item 3.1, todos os testes cumpriram os parâmetros descritos acima. A identificação de cada grupo seguiu da seguinte forma; amostras sem tratamento: 1.1, 1.2 e 1.3, cromagem: 2.1, 2.2 e 2.3 e aspensão térmica: 3.1, 3.2 e 3.3. Após este ensaio efetuou-se uma limpeza no equipamento de abrasômetro, com a finalidade de remover toda areia utilizada. Posteriormente aconteceu um novo experimento com os parâmetros do procedimento “A” da norma, entretanto substituiu-se o tipo de abrasivo. Com o intuito de comparar a perda de volume em mm³ entre a areia padrão da norma ASTM G65 e a massa cerâmica (pó atomizado) do porcelanato técnico; testou-se em três corpos de provas essa condição proposta. As amostras foram identificadas com numeração: 1.4 sem tratamento, 2.4 cromagem e 3.4 aspensão térmica. Além disso realizou-se o procedimento de limpeza conforme citado no item 3.2, de todas as amostras ensaiadas no abrasômetro. Enfim encaminhou-se as doze amostras para coletar os valores da massa final em balança analítica modelo BEL M214Ai com precisão de quatro casas após a vírgula.

3.5 Testes práticos

As lastrinas da caixa matriz do processo de prensagem utilizam como padrão o aço ferramenta AISI D6 com tratamento térmico de têmpera e revenimento, que conferem uma dureza de 59-60 HRC. A Fig. 2 apresenta uma lastrina da caixa matriz com desgaste abrasivo.



Figura 2: Lastrina com desgaste abrasivo.

Fonte: Dos autores (2019).

Conforme a indicação da Fig. 2, essa região apresentou um arredondamento após o desgaste, gerando defeitos no material prensado. Devido à baixa durabilidade e constantes setup de máquina, foram preparados para testes em produção: uma caixa matriz com as lastrinas tratadas superficialmente com cromo duro e outra condição na qual as lastrinas receberam o revestimento aspergido de carboneto de tungstênio por HVOF. Abaixo na Fig. 3 é apresentado uma vista em corte com as principais medidas do estampo no processo de compactação.

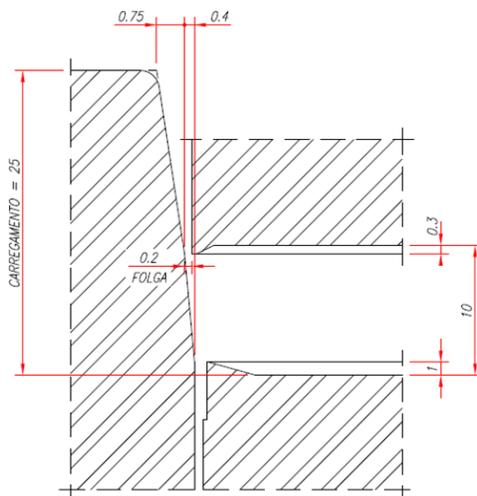


Figura 3: Vista em corte estampo penetrante.

Fonte: Dos autores (2019).

As medidas referentes a Fig. 3, observa-se; a altura do carregamento com pó atomizado de 25 mm, a folga de 0,2 mm entre o punção superior e a lastrina da caixa matriz, a espessura final do material pós prensagem de 10 mm e as medidas do ângulo de extração 0,75 mm e ângulo de prensagem 0,4 mm. O desgaste abrasivo da Fig. 2, é classificado como a três corpos. Analisando a Fig. 3, especificamente a região entre o ângulo de prensagem e a folga de 0,2 mm, somado ao arraste das partículas de pó atomizado que é direcionado contra a lastrina, podemos observar a existência desse fenômeno que afeta o sistema devido a repetibilidade do processo.

4 | ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo irá se apresentar e comparar os dados coletados em laboratório e na prática das três condições testadas; e dessa forma analisar qual a melhor alternativa para reduzir o desgaste abrasivo nas lastrinas da caixa matriz da indústria de revestimentos

cerâmicos.

4.1 Experimento em laboratório

Os experimentos realizados em laboratório foram: os ensaios de dureza e abrasão. No abrasômetro os ensaios aconteceram em dois momentos, inicialmente foram verificados os resultados dos testes de desgaste em abrasômetro seguindo a norma, logo após os resultados em abrasômetro com massa cerâmica.

4.1.1 Ensaios de microdureza

Os valores da microdureza são mostrados na Fig. 4, com objetivo de confrontar a dureza das condições ensaiadas.

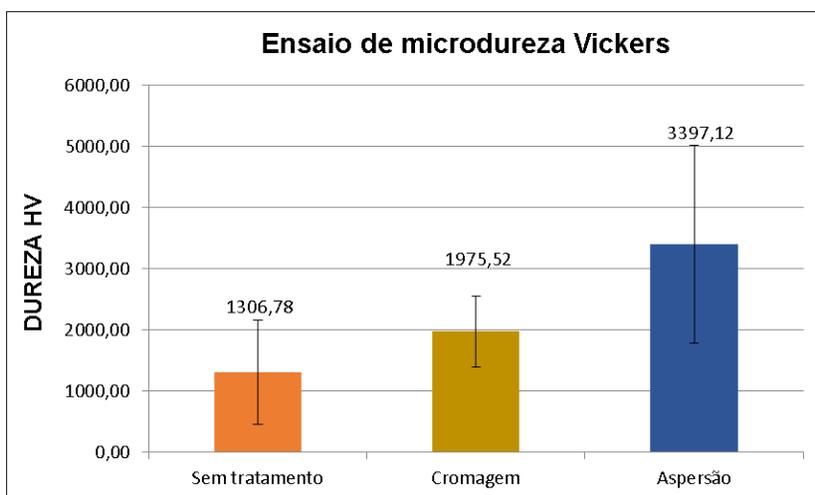


Figura 4: Gráfico de ensaio de dureza.

Fonte: Dos autores (2019).

Como demonstra o gráfico de microdureza as amostras com aspersão térmica atingiram uma dureza média de 3397 HV, que equivale ao valor de 73% maior que a média com cromagem e 160% maior que sem tratamento.

4.1.2 Ensaios de desgaste roda de borracha em areia seca norma ASTM G65

Os dados obtidos de perda de massa nos ensaios de desgaste em abrasômetro, posteriormente foram convertidos a perda de volume conforme Eq. 1. A Fig. 5 apresenta os resultados de perda de volume em mm³ realizados em abrasômetro no LDS.

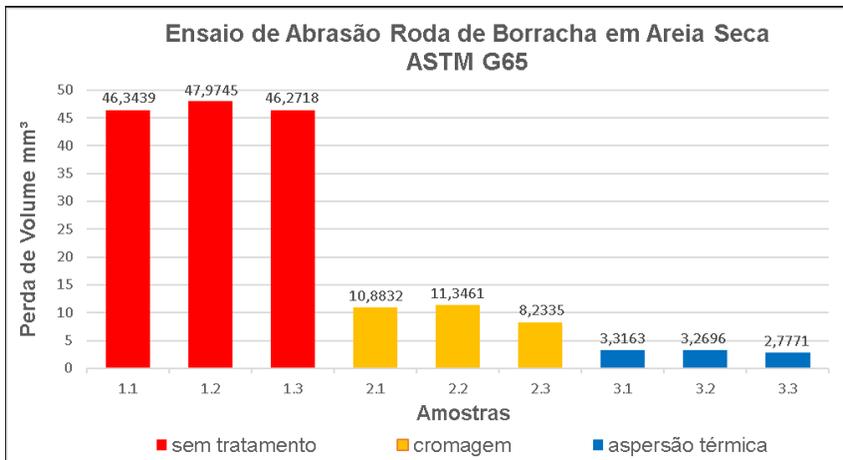


Figura 5: Gráfico de perda de volume em mm³.

Fonte: Dos autores (2019).

Conforme os resultados do gráfico podem-se constatar que as amostras de carboneto de tungstênio aplicados por aspersão térmica obtiveram valores de perda de volume em mm³ consideravelmente menores, comparados as outras duas condições ensaiadas. As variações em percentual de perda de volume entre os corpos de prova de cromagem e aspersão relacionando-os com os sem tratamento, foram: cromagem 78,33% e aspersão 93,34% menores. Consequentemente as amostras de aspersão térmica possuem uma resistência à abrasão maior, e as sem tratamento tiveram o maior volume perdido e maior nível de desgaste.

4.1.3 Ensaio de desgaste em abrasômetro com massa cerâmica (pó atomizado)

Os dados obtidos de perda de massa no ensaio de desgaste em abrasômetro utilizando a massa cerâmica (pó atomizado), foram transformados a perda de volume conforme Eq. 1, da norma ASTM G65. A Fig. 6 demonstra os valores desse teste.

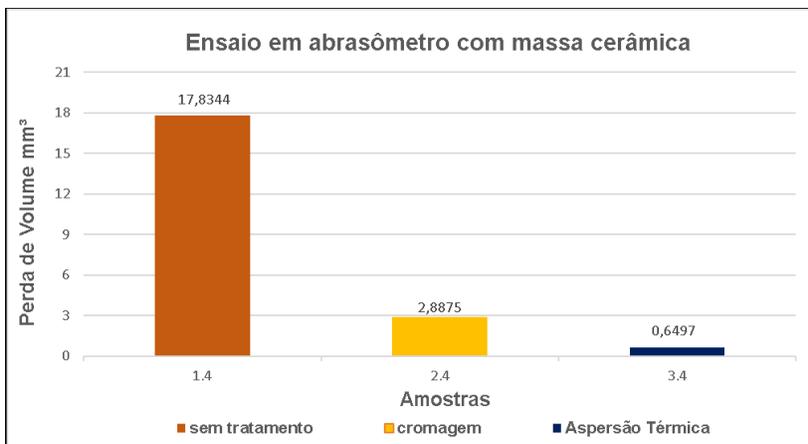


Figura 6: Gráfico de perda de volume em mm³.

Fonte: Dos autores (2019).

Como a massa cerâmica acelera o desgaste abrasivo das lastrinas, optou-se por realizar ensaio no abrasômetro substituindo a areia padrão que a norma exige, para comparar a perda de volume. Os resultados apresentaram valores diferentes comparados ao ensaio da norma ASTM G65,[2] entretanto houve proporcionalidade entre as três condições testadas. A variação em percentual de perda de volume entre o corpo de prova de cromagem e aspersão, comparados ao sem tratamento, foram: cromagem 83,81% e aspersão 96,35% menores.

4.2 Experimento na prática

Os testes em produção aconteceram em uma caixa matriz penetrante; com tratamento superficial de cromagem e posteriormente com HVOF de carboneto de tungstênio. Os resultados conforme Fig. 7 e Fig. 8, comprovam a durabilidade e durabilidade média de três caixas matriz utilizadas em produção, considerando as mesmas de bitola idênticas.

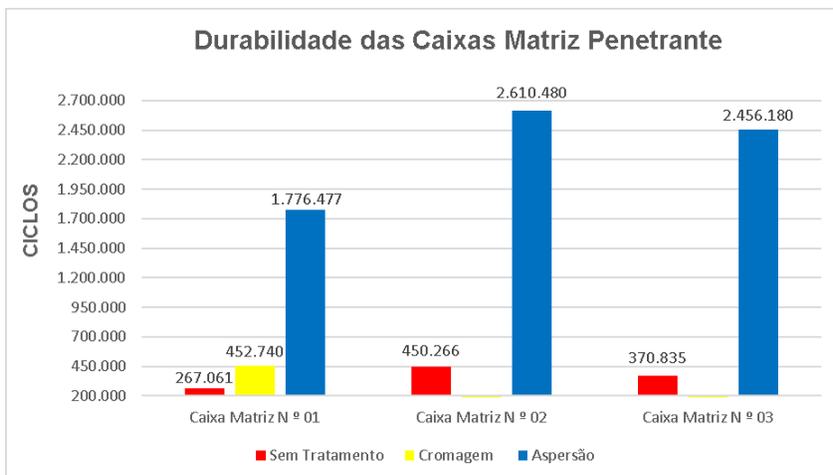


Figura 7: Gráfico de durabilidade das caixas matriz.

Fonte: Dos autores (2019).

Pode-se observar um aumento considerável da durabilidade das caixas matriz com aspersão térmica em relação as caixas sem tratamento e cromagem. O teste com cromagem ocorreu apenas na caixa matriz de número 1, devido ao resultado e baixo custo-benefício.

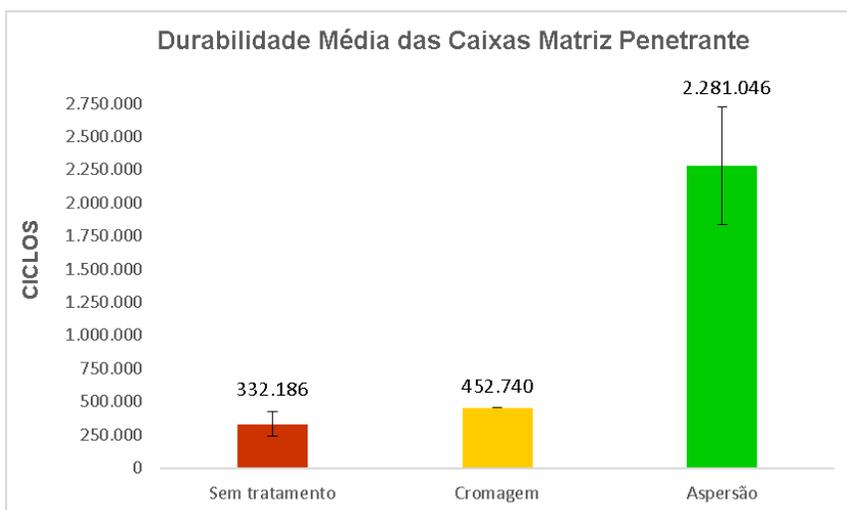


Figura 8: Gráfico de durabilidade média das caixas matriz.

Fonte: Dos autores (2019).

Considerando o desvio padrão houve uma variação de 94.261 ciclos nas caixas sem tratamento, com aspersão térmica o resultado foi de 443.728 ciclos, essa variação é devido a caixa nº 1, pontualmente danificou o revestimento com o atrito gerado pelo pino guia do punção inferior, foram realizados ajustes para evitar perdas. Assim verifica-se a vida útil de 36,29% da caixa com cromagem, logo as caixas com aspersão durabilidade média de 586,68%, ambas relacionadas com a média das caixas sem tratamento. O teste com cromagem ocorreu apenas na caixa matriz de número 1, devido ao resultado e baixo custo-benefício.

4.2.1 *Custo e benefício*

O custo para aplicação de uma caixa matriz revestida por aspersão térmica foi o dobro do valor gasto na recuperação de uma caixa matriz sem tratamento superficial. Entretanto os benefícios viabilizaram o investimento como demonstra a Tab. 1.

Benefícios	%
Aumento vida útil	586,68
Tempo de parada anual	-83,64
Gasto anual	-67,39
Ganhos no faturamento anual	0,68

Tabela 1: Benefícios.

Fonte: Dos autores (2019).

Os ganhos também foram percebidos na qualidade da produção, alguns defeitos do material causados pelo desgaste abrasivo foram eliminados após a utilização de caixas matriz com revestimento aspergido nas lastrinas.



Figura 9: Lastrina de WC-Co por HVOF.

Fonte: Dos autores (2019).

Na Fig. 9 temos a lastrina com carboneto de tungstênio com aproximadamente 1.000.000 de ciclos, sem indícios de desgaste abrasivo.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante ao exposto neste trabalho pode-se destacar a importância das pesquisas realizadas em laboratório, através dos equipamentos de ensaio de desgaste de superfície, assim como, este estudo que utilizou o abrasômetro para comparar três condições de amostras. Dessa maneira após o ensaio em roda de borracha em areia seca conforme a norma ASTM G65, verificou-se a eficiência do tratamento superficial de cromagem e aspersão térmica como possibilidades para diminuir os efeitos nocivos que os desgastes por abrasão provocam nas indústrias. Este e outros ensaios podem reduzir a perda de tempo, custos e gastos com testes práticos ineficientes nas indústrias, contribuindo com agilidade, precisão e economia. Entretanto os resultados dos testes práticos demonstraram que as lastrinas sem tratamento possuem uma vida útil média de 332.186 ciclos, com cromo duro a durabilidade atingiu 452.740 ciclos e as de aspersão térmica alcançaram os 2.281.046 ciclos, as lastrinas com revestimento aspergido por HVOF de carboneto de tungstênio demonstraram o excelente resultado com 586,68% de durabilidade média em relação as lastrinas sem tratamento, demonstrando eficiência na redução dos efeitos do desgaste abrasivo e conseqüentemente gerando benefícios como: garantia na qualidade do material prensado, aumento de confiabilidade e disponibilidade do equipamento, redução de paradas e otimização de custos. Em vista disso os revestimentos aspergidos são amplamente utilizados em diversos setores industriais, porém durante a pesquisa

deste estudo não se obteve conhecimento e registros da utilização dessa tecnologia nas lastrinas das caixas matriz nas indústrias de revestimentos cerâmicos, assim sendo, pode-se considerar como uma ideia inovadora no ramo cerâmico.

REFERÊNCIAS

[1] BIFFI, Giovanni. **O grês porcelanato**: manual de fabricação e técnicas de emprego. 3. Ed. São Paulo: Faenza, 2002. 262 p.

[2] ALBERO, J.I. Amorós. **A Operação de Prensagem: Considerações Técnicas e sua Aplicação Industrial: O Preenchimento das Cavidades do Molde. Cerâmica Industrial: A revista do técnico cerâmico brasileiro**, São Paulo, v. 5, n. 5, p.23-28, set. 2000. Trimestral. Disponível em: <<http://www.ceramicaindustrial.org.br/article/587657087f8c9d6e028b462f>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

[3] VILLARES METALS. **Aço ferramenta para trabalho a frio**. 2019. Disponível em: <<http://www.villaresmetals.com.br/villares/pt/Produtos/Acos-Ferramenta/Trabalho-a-frio/VC131>>. Acesso em: 13 mar. 2019.

[4] BRISTOT, Vilmar Menegon. **Máquinas e equipamentos para cerâmica**. Criciúma: Luana, 1996.

[5] ICON (Santa Catarina). **Estampos e moldes**. 2019. Disponível em: <<http://icon-sa.com.br/estamposemoldes/conjunto-completo.php>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

[6] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. ASTM G65-16. Standard Test Method for Measuring Abrasion Using the Dry Sand/Rubber Wheel Apparatus. West Conshohocken, PA, 2016.

[7] Rijeza (Rio Grande do Sul). **Revestimentos contra desgaste**. 2019. Disponível em: <<https://www.rijeza.com.br/aspersao-termica>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

[8] SILVA, W, P; BANNA, K, D, B; GARCIA, D, N;. **Design and Construction of a Rubber Wheel Abrasometer**. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 5, p.30406-30423, may. 2020. ISSN 2525-8761

ÍNDICE REMISSIVO

A

ABS 7, 12, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53

Agitação 1, 2, 4, 6, 7, 8, 12, 14, 15, 20, 69, 203, 204, 207

Ângulo de inclinação 105, 106, 107, 111, 114

Anidrido maleico 33, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46

Aspersão térmica 54, 58, 59, 61, 62, 64, 65, 66

B

Banda larga 87, 94, 95

Blenda PS/PCL 68

C

Cicatrização 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84

Concreto 96, 97, 98, 100, 103, 104, 136, 226, 229, 230, 232, 233, 234, 235, 237, 238, 239

Construção civil 96, 97, 103

D

Desgaste abrasivo 54, 58, 59, 60, 63, 65, 66

E

Ensino 1, 6, 8, 10, 21, 255

F

Feridas 75, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85

Ferrocarbonila 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95

Filme fino 68

Fotodegradação UV 68

I

Impressão 3D 1, 15

Índice de acidez 17, 18, 19, 20, 21

Índice de peróxido 17, 19, 20, 21

M

Materiais absorvedores de radiação eletromagnética 87, 88, 95

Matlab 105, 106, 107

Mecanismo de reação 33, 35, 39

Medicina regenerativa 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84

Mistura 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 12, 15, 34, 37, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 51, 69, 97, 99, 203, 204

Modificação química 33, 38, 39, 40, 41, 46

N

Nanobiomateriais 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84

O

Óleo de soja 17, 19, 21

Operação unitária 2, 23

P

Painéis solares fixos 105

Polipropileno 96, 97, 99, 104

R

Reciclagem 96, 97, 186, 189, 192, 194

Refletividade 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95

Reutilização 17, 18, 19, 96, 186, 189, 191, 194

Revestimentos cerâmicos 54, 55, 56, 60, 67

S

Sedimentação 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32

Separação de partículas 22, 23

Sistemas fotovoltaicos 105, 106

Suspensão 4, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 32, 203, 204

T

Teste de proveta 22, 23, 24

As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e 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

As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e 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