

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Atena
Editora

Ano 2021

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

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 – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
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. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
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^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
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
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alessandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFRP
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatiany Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvío Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Desenvolvimento e transferência de tecnologia na engenharia química 2

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D451 Desenvolvimento e transferência de tecnologia na engenharia 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 978-65-5706-922-6

DOI 10.22533/at.ed.226211904

1. Engenharia química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 660

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

Este e-book intitulado: “Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2” é composto por dezoito capítulos de livros que foram organizados e divididos em três áreas temáticas: (i) minerais e materiais lignocelulósicos; (ii) aplicações industriais e (iii) aplicação de tecnologias avançadas de tratamento com destaque para os processos oxidativos avançados (POAs).

A primeira temática é constituída por oito trabalhos que apresentam estudos de utilização de resíduos como matéria-prima na produção de materiais cerâmicos e a obtenção de materiais de elevado custo e aplicabilidade a partir de matéria-prima mais abundante e economicamente mais acessível. Além disso, apresenta um trabalho que descreve um procedimento experimental para a escolha mais adequada e viável de uma biomassa de origem vegetal que pode apresentar características de um adsorvente e vir a ser utilizado tanto na forma *in natura* quanto modificada quimicamente, objetivando-se a remoção de compostos inorgânicos e orgânicos em diferentes matrizes aquosas. Neste sentido, trabalhos que investigaram a capacidade de remoção de poluentes utilizando minerais (argila) e biomassas vegetais (ricas em celulose e/ou lignina) apresentaram resultados satisfatórios em relação aos compostos-alvo de interesse, com destaque para a remoção do metal cromo hexavalente (Cr^{6+}) e fósforo e nitrogênio amoniacal que provocam a eutrofização de corpos aquáticos e morte de toda a biota.

O segundo tema está associado à aplicação dos conhecimentos de química e engenharia em diferentes seguimentos: (i) alimentação e (ii) processos industriais. No setor de alimentos é apresentado um trabalho que trata da avaliação microbiológica de biscoitos e empanados processados com filé de carpa Húngara, bastante abundante no estado de Santa Catarina. Já em processos industriais é apresentado um estudo que avalia o melhor dimensionamento de um condensador de amônia que possui grandes aplicações em diferentes seguimentos industriais; um estudo que avalia e compara os reatores CSTR e PFR para a produção de combustível proveniente de fontes renováveis e por fim um estudo de caso que avaliou a utilização de biometano em frotas de ônibus de seis cidades do estado de São Paulo.

A última temática trata da aplicação de diferentes POAs (Fenton e fotocatalise heterogênea tanto com o trióxido de tungstênio dopado com prata ($\text{WO}_3\text{-Ag}$) quanto o dióxido de titânio (TiO_2) para a degradação de diferentes CIEs (fármacos, microplásticos) que vem sendo reportado em trabalhos realizados em todo o mundo. No Brasil a falta de uma legislação mais restritiva associada a falta de fiscalização vem colaborando para a maior detecção e quantificação de diferentes CIEs nos diferentes compartimentos aquáticos afetando a qualidade e a sobrevivência dos diferentes organismos presentes nos inúmeros ecossistemas brasileiros.

Neste sentido, a Atena Editora vem colaborando com pesquisadores de todas as áreas do conhecimento possibilitando a divulgação de seus trabalhos e contribuindo com a disseminação destas informações de forma gratuita e acessível em diferentes plataformas digitais.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DA INCORPORAÇÃO DE LAMA ABRASIVA PROVENIENTE DO CORTE DE GRANITO NA PRODUÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA

Adriel Martins da Silva
Keina Dalila dos Santos
Luan Regio Pestana
Luís Ramon Silva Ferreira
Façal Gazel

DOI 10.22533/at.ed.2262119041

CAPÍTULO 2..... 13

VULCANIZAÇÃO COM PRODUTOS NATURAIS: UMA ANÁLISE ATRAVÉS DA MODELAGEM MOLECULAR

Helson Moreira da Costa
Valéria Dutra Ramos

DOI 10.22533/at.ed.2262119042

CAPÍTULO 3..... 40

OBTAINING GRAPHENE OXIDE FROM GRAPHITE USING THE HUMMERS METHOD

Dailson José de Queiroz Lima
Samantha Amorim Rebolledo
Everton Fabrício Franceschi
Leonardo Auco Brochetti

DOI 10.22533/at.ed.2262119043

CAPÍTULO 4..... 56

PROCEDIMENTOS ALTERNATIVOS DE ADSORÇÃO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES: UMA TRIAGEM EXPERIMENTAL

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Bruno Elias dos Santos Costa
Nivia Maria Melo Coelho

DOI 10.22533/at.ed.2262119044

CAPÍTULO 5..... 69

UTILIZAÇÃO DE ARGILA TIPO CAULINITA IN NATURA E TRATADA SUPERFICIALMENTE NA ADSORÇÃO DE CROMO HEXAVALENTE Cr(VI)

Lenice Campos
Robert Orlando Braz Giacomini
João Batista dos Santos Magalhães de Almeida
Pedro Roberto Araújo Santos Filho
Mario Sérgio da Rocha Gomes

DOI 10.22533/at.ed.2262119045

CAPÍTULO 6..... 81

AValiação DA INFLUÊNCIA DE PRÉ-TRATAMENTOS ALCALINOS NA EXTRAÇÃO DA

LIGNINA PRESENTE NA FIBRA DO MESOCARPO DO COCO

Geovanna Miranda Teixeira

Emanuel Souza de Souza

Leila Maria Aguilera Campos

DOI 10.22533/at.ed.2262119046

CAPÍTULO 7..... 95

EL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA DE BAMBÚ ANGUSTIFOLIA “BAMBUSOIDEAE” FACTOR DETERMINANTE DEL PORCENTAJE DE CELULOSA EXTRAIDO

Willam Esparza

Luis Chamorro

Wilson Herrera

DOI 10.22533/at.ed.2262119047

CAPÍTULO 8..... 105

OTIMIZAÇÃO DA REMOÇÃO DE FÓSFORO E NITROGÊNIO AMONÍACAL POR LIGNINA

Lenice Campos

Bárbara Leticia Peroni

João Batista dos Santos Magalhães de Almeida

Pedro Roberto Araújo Santos Filho

Mario Sérgio da Rocha Gomes

DOI 10.22533/at.ed.2262119048

CAPÍTULO 9..... 118

HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DA PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR: ESTUDO CINÉTICO E MODELAGEM SEMI-MECANÍSTICA

Gustavo Batista

Renata Beraldo Alencar de Souza

Antonio José Gonçalves Cruz

DOI 10.22533/at.ed.2262119049

CAPÍTULO 10..... 126

APLICAÇÃO DE WETLANDS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Camila Daniely Costa

Daylaine Aguiar Santos

Manfredo Frederico Felipe Hoppe

DOI 10.22533/at.ed.22621190410

CAPÍTULO 11..... 141

AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE BISCOITOS E EMPANADOS PROCESSADOS COM E SEM GLÚTEN A PARTIR DE FILÉ DE CARPA HÚNGARA (*CYPRINUS CARPIO*)

Arthur Mateus Schreiber

Alessandro Hermann

DOI 10.22533/at.ed.22621190411

CAPÍTULO 12..... 148

DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE CONDENSADOR DE AMÔNIA DO TIPO PLACA

EM ESPIRAL

Maria Clara de Carvalho Aguiar
Alex Vazzoler

DOI 10.22533/at.ed.22621190412

CAPÍTULO 13..... 157

ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DOS REATORES CSTR E PFR PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Gabriella Santos Soares
Sabrina Rodrigues da Silva

DOI 10.22533/at.ed.22621190413

CAPÍTULO 14..... 171

BIOMETHANE FROM LANDFILL GAS IN URBAN BUS FLEETS: STUDY CASE IN SIX CITIES IN ARC, STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL

Mauro Donizeti Berni
Paulo Cesar Manduca
Ivo Leandro Dorileo
Leonardo G. de Vasconcelos

DOI 10.22533/at.ed.22621190414

CAPÍTULO 15..... 180

REAGENTES FENTON: TÉCNICA ANALÍTICA PARA PRÉ-TRATAMENTO DE AMOSTRAS DE ÁGUAS RESIDUAIS CONTAMINADAS POR MICROPLÁSTICOS

Andressa Rossatto
Maurício Zimmer Ferreira Arlindo
Taiana Denardi de Souza
Christiane Saraiva Ogradowski

DOI 10.22533/at.ed.22621190415

CAPÍTULO 16..... 184

UTILIZAÇÃO DE MATERIAS BIOADSORVENTES PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS CONTAMINADAS E REDUÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS

José Henrique Hammerschmidt Muhlbeier
Luís Fernando Cusioli
Laiza Bergamasco Beltran
Rosângela Bergamasco

DOI 10.22533/at.ed.22621190416

CAPÍTULO 17..... 194

SÍNTESE E AVALIAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE WO₃-Ag PARA FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA NA DEGRADAÇÃO DE ACETAMINOFENO

Beatriz Lara Diego dos Reis Fusari
Antonio Carlos Silva Costa Teixeira
Priscila Hasse Palharim

DOI 10.22533/at.ed.22621190417

CAPÍTULO 18.....	207
DEGRADAÇÃO DA AMOXICILINA POR PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO EM REATOR CONTÍNUO COM TiO₂ FIXADO AO LEITO	
Bruno Rampanelli Dahmer	
Sabrina Grando Cordeiro	
Giovana Wanessa Franke Bohn	
Jéssica Adriane Barth	
David Green	
Eduardo Miranda Ethur	
Elisete Maria de Freitas	
Gustavo Reisdorfer	
Lucélia Hoehne	
DOI 10.22533/at.ed.22621190418	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	218
ÍNDICE REMISSIVO.....	219

ANÁLISE DA INCORPORAÇÃO DE LAMA ABRASIVA PROVENIENTE DO CORTE DE GRANITO NA PRODUÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 04/01/2021

Adriel Martins da Silva

Faculdades Integradas Aracruz
Aracruz – Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/6267080840158302>

Keina Dalila dos Santos

Faculdades Integradas Aracruz
Aracruz – Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/1250588175962939>

Luan Regio Pestana

Faculdades Integradas Aracruz
Aracruz – Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/6906416850236204>

Luís Ramon Silva Ferreira

Faculdades Integradas Aracruz
Aracruz – Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/8509859322203031>

Faiçal Gazel

Faculdades Integradas Aracruz
Aracruz – Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/3471230848792507>

RESUMO: Devido ao aumento da indústria maior quantidade de resíduos tem sido produzida. Dentre os principais geradores, pode-se citar a indústria civil, que engloba a constante produção de materiais cerâmicos e outros, e a indústria de rochas ornamentais. Nesse contexto, torna-se contínuo a busca de alternativas que visam reduzir a quantidade de resíduos gerados, ou

formas de reaproveitamento que minimizarão os impactos causados pela disposição inadequada do material no meio ambiente. Deste modo, foi analisada a potencial incorporação da lama abrasiva, gerada pelo corte das pedras de granito por teares diamantados e proveniente de uma empresa situada em João Neiva- Espírito Santo, na fabricação de produtos cerâmicos. Para os testes, foram preparados corpos de provas cerâmicos de 0, 10 e 20% em massa de resíduo, queimados a temperaturas de 1000° e 1100°C. Os materiais confeccionados foram submetidos a testes de absorção, retração linear, perda ao fogo e ensaio de ruptura à flexão; os dados obtidos expressam resultados significativamente promissores para possível aplicação comercial. Nos testes de ruptura à flexão e nos ensaios de absorção, obteve-se um aumento na resistência do material e uma redução na absorção, conforme o aumento do percentual de resíduo, sendo que a temperatura de 1100°C expressou os melhores resultados enquadrando-se em todas normativas exigidas.

PALAVRAS – CHAVE: Lama abrasiva, Corte do granito, Produtos cerâmicos, Corpos de prova.

ANALYSIS OF THE INCORPORATION OF ABRASIVE SLURRY FROM THE GRANITE CUTTING IN THE PRODUCTION OF RED CERAMICS

ABSTRACT: Due to the increase in the industry, more waste has been produced. Among the main generators, we can mention the civil industry, which includes the constant production of ceramic and other materials, and the ornamental stone industry. In this context, there has been a

continuous search for alternatives that aim to reduce the amount of waste generated, or ways of reuse that will minimize the impacts caused by the inadequate disposal of the material in the environment. In this way, the potential incorporation of the abrasive slurry, generated by cutting of the granite stones by adamantine thread and yielded by a company located in João Neiva – Espírito Santo, in the manufacture of ceramic products was analyzed. For the tests, ceramic specimens of 0, 10 and 20% by mass of residue were prepared, burned at temperatures of 1000° and 1100°C. The prepared materials were submitted to absorption, linear retraction, fire loss and flexural rupture tests, when compared to the values established by regulatory standards, they practically presented promising results for commercial application. In the flexural rupture test and in the absorption test, an increase in the resistance of the material and a reduction in the absorption were obtained, the percentage of residue increased, and the temperature of 1100 ° C expressed the best results in all the regulations required.

KEYWORDS: Abrasive slurry, Granite cutting, Ceramic products, Specimens.

1 | INTRODUÇÃO

No ramo das rochas ornamentais, o Brasil é considerado um dos maiores produtores, com destaque no Espírito Santo (ES). Entretanto, a gigantesca geração de resíduos é um complexante do processo, a perda de matéria-prima pode atingir até 83% da produção, sendo que um metro cúbico de rocha serrada gera aproximadamente 2,2 toneladas de lama (Campos *et al.*, 2014). A disposição inadequada deste resíduo pode afetar o meio ambiente de forma geral, principalmente a potabilidade da água em córregos, rios e lagoas, comprometendo a vida dos animais e da população que fazem uso destes mananciais (Zepeda, 2011).

A exploração das jazidas é a etapa onde acontece o desmatamento da área a ser explorada, seguida do beneficiamento das rochas que consiste no desdobramento dos materiais brutos realizado em serrarias que possuem teares. Esses equipamentos são responsáveis por serrar e definir as espessuras dos blocos extraídos (Souza, 2007). Nesta etapa é produzida uma lama, constituída basicamente por pó de pedra, cal, granalha, metais e água. Está lama possui composição variada, formada principalmente por SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO e TiO_2 , além de outros componentes.

Visando um desenvolvimento sustentável, trabalhos têm sido desenvolvidos e mostrado grande potencial para a utilização destes resíduos, particularmente de mármore e granito, no desenvolvimento de produtos para a construção civil (Moreira *et al.*, 2005).

Segundo Oliveira *et al.* (2016), o resíduo puro é classificado como não perigoso, a adição de 2 a 5 % de cimento eleva sua resistência à compressão, permitindo aplicação em misturas de solo para pavimentos e camadas de impermeabilização. Barbosa (2008) testou absorção, permeabilidade e ruptura à flexão de telhas de concreto com incorporação da lama em questão, e verificou que essas atenderam aos limites estabelecidos pela norma, e ainda comprovou que as telhas com 20% de lama obtiveram desempenho melhor que

as confeccionas com 10%, indicando assim que a presença do resíduo pode até mesmo contribuir para melhoria das propriedades do material.

O estudo de Silva (2005) revela que a lama de mármore e granito pode ser incorporada na massa de argila sem perda ou comprometimento das propriedades dos corpos sinterizados de cerâmica vermelha. No mesmo setor de cerâmicas, Pontes e Stellin (2005) testaram o resíduo na incorporação de cerâmica vermelha, para a produção de tijolos, telhas e lajotas, podendo ser utilizado em até 30% nas formulações de massa, e ainda verificaram que o resíduo beneficiado pode substituir com vantagens a argila grosseira que os ceramistas normalmente misturam com sua argila mais fina para diminuir a plasticidade. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo, analisar o potencial reaproveitamento da lama abrasiva na produção de cerâmica vermelha, visando reduzir os impactos do descarte deste rejeito. Para isso, foram confeccionados corpos de prova de cerâmica vermelha, incorporando a lama abrasiva nas proporções de 10 e 20% em massas argilosas. Foi feito a avaliação da influência da temperatura de queima, submetendo as amostras a patamares de 1000 e 1100°C e testes de absorção, retração linear, perda ao fogo e ruptura a flexão foram realizados, a fim de verificar se os corpos de provas atendem os requisitos das Normas Regulamentadoras.

2 | METODOLOGIA

Neste trabalho, procurou-se observar os diferentes comportamentos mecânicos, físicos e químicos provocados por alterações na composição das matérias-primas e nas temperaturas de queima de corpos cerâmicos. As alterações de composição são referentes à adição da lama abrasiva à argila em diferentes concentrações.

Os materiais utilizados foram duas argilas de características diferentes, definidas na literatura como “fortes” pela maior presença de argilominerais e argila “fraca” com uma composição mais arenosa, ambas coletadas em uma empresa produtora de cerâmica vermelha localizada no município de João Neiva – ES. O resíduo é proveniente do processo de corte de rochas ornamentais, utilizando tear com fio diamantado, de uma empresa também localizada em João Neiva – ES.

2.1 Análise Microscópica

A composição química do material foi determinada através de uma microanálise de Raios X no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) ZEISS EVO 50 utilizando a análise *in situ*; o equipamento operou a uma tensão de 20 kV e uma distância focal de 8 mm.

Foram preparadas amostras do resíduo de lama abrasiva, da argila “fraca” e da argila “forte”; a granulometria foi ajustada por meio de uma maceração usando almofariz e pistilo, seguido por secagem a 104°C por aproximadamente 7 horas. Após o preparo foi feita uma pastilha para cada amostra utilizando aproximadamente 0,5 g do material e, finalmente, foram colocadas para a leitura.

2.2 Confeção dos Corpos de Prova

2.2.1 Preparo da Mistura

Foi utilizada como base a norma ABNT – NBR 7181; foram homogeneizados os materiais coletados; através de almofariz e pistilo foi realizada a desagregação, sendo os materiais classificados considerando as aberturas das peneiras. O material selecionado foi o de granulometria abaixo de 100 mesh. Em seguida foram pesadas as quantidades de argila e lama especificadas na Tabela 1, para o preparo de 1,7 kg de cada mistura, utilizando uma balança de precisão.

Composição	0 %	10 %	20 %
Argila forte (g)	850	850	850
Argila fraca (g)	850	680	510
Lama Abrasiva (g)	0	170	340

Tabela 1 - Proporções de argila e lama adotada.

As massas foram misturadas, de acordo com a Tabela 1, formando 1,7 kg de cada uma das composições de 0%, 10%, 20% de lama abrasiva, e foram reservadas por 20 minutos. Posteriormente, adicionou-se 220 ml de água para conferir um umedecimento de 13% ao material, permitindo a conformação das peças, e novamente a mistura foi homogeneizada e colocada em repouso por 20 minutos.

2.2.2 Conformação

As misturas preparadas foram moldadas em uma fôrma de 150 mm x 25 mm x 25 mm, padronizada segundo o NBR ISO 5014 proposta pela ABNT 2012; em seguida compactadas a uma pressão de 20 MPa em uma Prensa Hidráulica Marcon MPH-15. Foram preparados um total de 30 corpos de provas planos, sendo 10 de cada composição definida. Após a conformação, foram determinadas a massa e o comprimento para posterior aplicação nos cálculos.

2.2.3 Secagem

Todos os corpos foram levados à estufa de secagem onde permaneceram por 24 horas a uma temperatura de 110°C, como especificado pela NBR ISO 5014. Ao fim do período de secagem, o equipamento foi desligado e as amostras foram mantidas no interior até atingirem a temperatura ambiente, evitando-se assim rachadura, trincas e outros defeitos. Assim que o resfriamento adequado foi alcançado, foram determinados a massa

e o comprimento.

2.2.4 Queima

A queima foi realizada em um Forno Mufla Vulcan 3-550PD cedido pelo Instituto Federal do Espírito Santo (IFES). Foram inseridos no equipamento 5 corpos de prova de uma mesma composição, a uma temperatura de 25°C e aquecidos a uma taxa de 2°C/min até atingirem a temperatura de 300°C, na qual permaneceram por 2 horas, e continuou-se o aquecimento a mesma taxa de 2°C/min até a temperatura de patamar final. Os testes foram realizados em duas temperaturas de patamar: 1000°C e 1100°C, sendo queimados 15 corpos de prova em cada temperatura, 5 de cada composição preparada. Assim que a mufla atingiu as temperaturas de patamar, estas foram mantidas por 2 horas. Ao fim desse período, o resfriamento foi assim como na secagem.

2.3 Ensaios Físicos e Mecânicos

Os ensaios físicos e mecânicos realizados nos corpos de provas foram os de retração linear à queima, perda ao fogo, tensão de ruptura à flexão e absorção. Para cada ensaio foram testadas 5 amostras de uma mesma composição e queimada na mesma temperatura.

2.3.1 Retração Linear de Queima (RLQ)

Os dados para a verificação da retração linear (RLQ) foram obtidos após a secagem e a queima, sendo que as medidas foram averiguadas com o auxílio de um paquímetro; a Equação 1 apresenta a fórmula para este cálculo (Santos,1989).

$$RLQ (\%) = \frac{c_s - c_q}{c_s} \times 100 \quad (1)$$

Onde os comprimentos dos corpos de prova após secagem (c_s) e após queima (c_q) foram obtidos em centímetros, expressando uma análise adimensional da retração.

2.3.2 Perda ao Fogo (PF)

A perda ao fogo representa o percentual perdido de material depois de submeter os corpos de prova à queima. Os dados necessários foram as massas dos corpos de prova antes e depois da queima, sendo a Equação 2 a fórmula utilizada para este cálculo. (Silva, 2006)

$$PF (\%) = \frac{m_s - m_q}{m_s} \times 100 \quad (2)$$

Onde as massas após a secagem (m_s) e após a queima (m_q) foram obtidas em gramas, expressando uma análise adimensional.

2.3.3 Tensão de Ruptura a Flexão (TRF)

O ensaio de Tensão de Ruptura à Flexão (TFR) foi realizado com o auxílio de uma máquina universal de ensaios mecânicos EMIC-GR044. Foi aplicada uma carga vertical no corpo de prova até que ocorresse a falha, o valor obtido foi aplicado na Equação 3, em conformidade com a NBR ISO 5014.

$$TRF = \frac{3 F_{m\acute{a}x} L_s}{2 b h^2} \quad (3)$$

Onde $F_{m\acute{a}x}$ é a força máxima exercida no corpo de prova, em Newton (N); L_s é a distância entre os pontos de suporte do corpo de prova, em milímetros (mm); b é a largura do corpo de prova (mm) e h é a altura do corpo de prova (mm).

2.3.4 Índice de Absorção d'água (AA)

Para a realização do ensaio de absorção utilizou-se a NBR 15310 de 2005 como parâmetro a ser seguido. Iniciou-se o ensaio com a retirada do pó e das partículas soltas dos corpos de prova anteriormente queimados, em seguida submete-os na estufa a (105 ± 5) °C. Os corpos de prova são pesados em intervalos de 1 hora até que o valor diferencie no máximo de 0,25%. Com a estabilização do peso é possível averiguar a massa seca (m_s) em gramas.

Após a determinação da massa seca, todos os corpos de provas foram colocados em um recipiente preenchido com água, sendo necessária a total imersão dos corpos de prova por um período de 24 horas a fim de obter a massa úmida (m_u).

O cálculo para a determinação do índice de absorção d'água (A) dos corpos de prova é expressa em porcentagem pela Equação 4:

$$A (\%) = \frac{m_u - m_s}{m_s} \times 100 \quad (4)$$

Onde m_u e m_s representam respectivamente a massa úmida e a massa seca de cada corpo de prova em gramas.

Em seguida, os resultados obtidos foram comparados com a Normas Regulamentadoras das principais cerâmicas vermelhas, ditas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a qual determina os requisitos das propriedades necessárias para que possam ser comercializadas.

NBR	Produto	Resistência à compressão (MPa)	Tensão de ruptura à flexão (MPa)	Absorção (%)
15270-1	Bloco de vedação (furos na horizontal)	1,5	5,5	8 a 22
15270-1	Bloco de vedação (furos na vertical)	3	5,5	8 a 22
15270-2	Bloco para alvenaria estrutural	3	5,5	8 a 22
7170	Tijolo tipo A, B e C	1,5; 2,5; 4	2	25
15310	Telhas	-	6,5	20

Tabela 2 - Propriedades dos principais produtos de cerâmicas vermelhas.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Composição Química

Com os resultados obtidos na análise do MEV foi possível construir a Tabela 3, a qual contém a composição dos elementos que formam o resíduo da lama de granito, a argila “fraca” e a argila “forte”.

Elemento	Lama Abrasiva (%)	Argila “forte” (%)	Argila “fraca” (%)
C	7,69	3,34	6,41
O	49,52	51,79	52,07
Na	1,85	-	-
Al	6,81	17,43	17,02
Si	28,18	14,13	14,01
K	4,00	-	0,59
Ca	0,72	-	-
Fe	0,88	13,05	9,56
Mg	0,36	0,26	0,35

Tabela 3 - Composição dos materiais.

Nota-se que as amostras estão, sobretudo, na forma de óxidos, pela grande quantidade de oxigênio. Em relação ao resíduo destaca-se a presença de silício – provavelmente na forma de sílica – Outros elementos como ferro, apresentou um percentual inferior, sendo o ferro devido à utilização do fio diamantado no tear utilizado no processo.

Quanto a composição da argila “forte” e “fraca”, percebe-se que a “forte” possui uma quantidade quase duas vezes a mais de carbono em relação a “fraca”, o que permite considerar a presença de carga orgânica. As demais composições são próximas uma da outra.

3.2 Retração Linear

Após a queima, os dados foram coletados realizou-se o cálculo da RLQ. Para a realização do gráfico utilizou-se a média obtida nos resultados da retração para os 5 corpos de prova de mesma composição, expressando as médias em diferentes temperaturas de queima e das composições de 0%, 10% e 20%.

Com os valores foi construído o gráfico disposto na Figura 1.

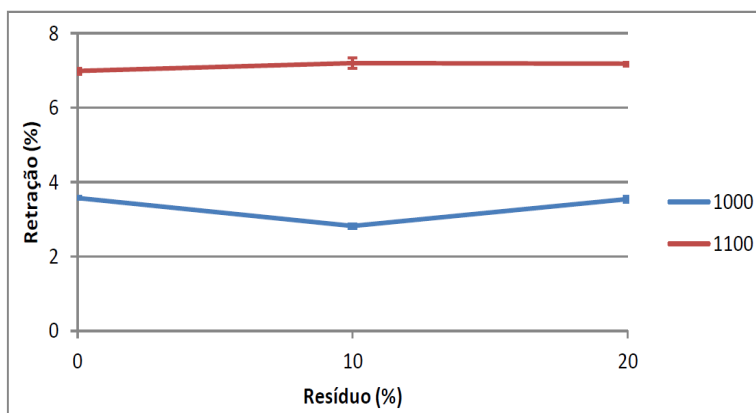


Figura 1 - Resultados do teste de Retração Linear à Queima.

Percebe-se que há a diferença entre as temperaturas, que é explicada pelo fato que quando aumenta-se a temperatura ocorre uma maior interação entre as moléculas, fenômeno descrito como sinterização, e quanto maior a temperatura de queima, maior o percentual de material que atinge a temperatura de fusão, formando a fase vítrea que envolve as demais moléculas, ocasionando uma diminuição da porosidade e consequentemente tendendo temperaturas mais elevadas terem uma retração linear maior (Silva, 2006).

A adição de resíduo não alterou significativamente a retração do material. Entretanto, a composição de 10% queimada na temperatura de 1000°C teve uma leve redução da retração, por conta de alguma particularidade das amostras nesse percentual, sendo assim, supõe-se que o resíduo adicionado não influenciou nos resultados.

3.3 Perda ao Fogo

Os dados representados na Figura 2 são as médias dos valores de Perda ao Fogo para cada composição e temperatura de queima.

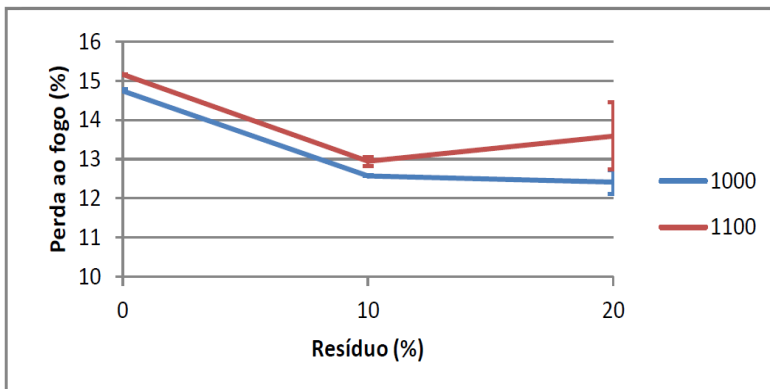


Figura 2 - Resultados do teste de Perda ao Fogo.

Observa-se uma maior perda de massa com o aumento da temperatura de queima e uma redução com uma adição de resíduo. Um pequeno acréscimo em 20% queimada a 1100°C. Isso pode ter acontecido, assim como na Retração Linear, devido a uma particularidade, como um possível excesso de umidade.

3.4 Tensão de Ruptura à Flexão

Obteve-se os valores de carga máxima suportada por cada corpo de prova, medindo primeiramente, a distância entre os pontos de apoio, obtendo 118,88 mm. Os valores dos ensaios dos 5 corpos de prova para cada temperatura foram calculados e o resultado pode ser visto na Figura 3.

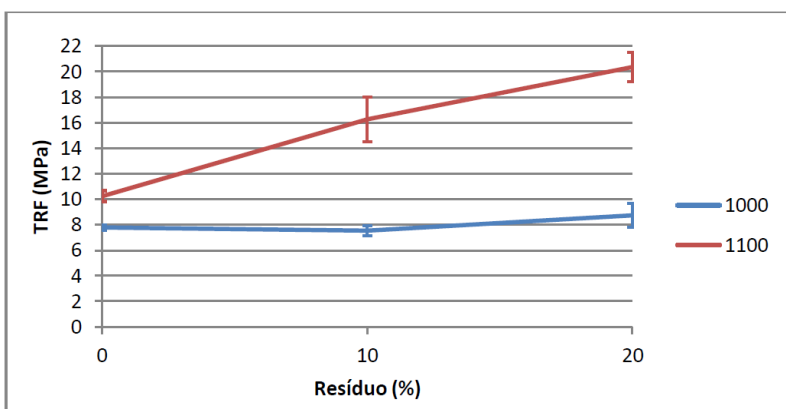


Figura 3 - Resultados do ensaio de Tensão de Ruptura à Flexão.

O resultado demonstra que os corpos de prova queimados em 1100°C, possuem maior resistência. Isso acontece, pois em temperaturas superiores a 1000°C a queima

permite o amolecimento e fusão de silicoaluminatos, a qual produz uma fase vítrea, englobando as demais partículas, ocupando os poros, conferindo dureza, compactação e resistência mecânica. Em maiores temperaturas de queima, maior percentual de fusão e sinterização. E assim um aumento da resistência mecânica.

Na temperatura de 1000° C, a adição da lama abrasiva não alterou efetivamente a resistência, diferentemente dos corpos queimados a 1100° C, que ocorreu um aumento considerável. Possivelmente, pelo fato de que a composição da lama é formada expressivamente por componentes fundentes e maior quantidade de sílica.

3.5 Índice de Absorção d'água

O aumento da composição de resíduo nos corpos de prova, eleva a quantidade de materiais fundentes e isso contribui para que os produtos cerâmicos tenham menor absorção de água. Como pode ser visto nos resultados exposto no gráfico da Figura 4.

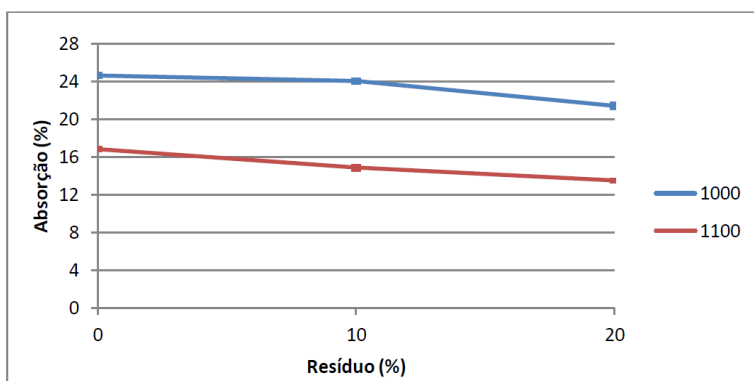


Figura 4 - Resultados do teste de Absorção.

A temperatura de queima afeta também na absorção. A queima acima de 1000° C provem dureza, compactação e impermeabilidade ao corpo cerâmicos, em razão do preenchimento dos poros pela fase vítrea formada, segundo Silva (2006).

Com os resultados obtidos comparados a Tabela 2, pode se afirmar que os corpos de prova queimados em 1000° C estão dentro do esperado para Tijolos (A, B e C). Com a adição de 20% da lama, a absorção máxima está de acordo com esperado para Bloco de vedação de alvenaria estrutural.

No entanto, os corpos de prova queimados na temperatura 1100° C demonstra adequação a absorção para todos os produtos disponíveis na Tabela 2, independentemente da composição, sendo com 20% obtendo o melhor resultado por possuir menor absorção.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os corpos de prova utilizando a lama abrasiva na composição obtiveram alterações mínimas na retração linear e perda ao fogo, ao passo que houve uma melhora em relação as propriedades de absorção e resistência a tensão de ruptura a flexão, sendo os melhores resultados ne incorporação de 20% de lama queimada em 1100° C.

Conclui-se também que o material cerâmico melhora suas propriedades com o aumento da temperatura, obtendo maior resistência e absorção nos corpos de prova queimados a 1100° C.

Sendo assim, a utilização da lama abrasiva proveniente do corte de rochas ornamentais como potencial incorporação na produção de cerâmica vermelha, demonstrou resultados satisfatórios. Entretanto ainda é necessário um aprofundamento na determinação com maior precisão da temperatura e quantidade de resíduo ótima na confecção do produto, de modo que não altere negativamente a qualidade, assim como outros parâmetros que influenciam na aplicação. Outra sugestão para estudos futuros é avaliar a viabilidade econômica para utilizar o resíduo de lama abrasiva na indústria de cerâmica.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15270-1: **Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro, 2005a;

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15270-2: **Componentes cerâmicos. Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro, 2005b;

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15310: **Componentes cerâmicos – Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2005c;

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7170: **Tijolo maciço cerâmico para alvenaria**. Rio de Janeiro, 1983;

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 5017: **Produtos refratários conformados densos – Determinação da densidade de massa, porosidade aparente e porosidade real**. Rio de Janeiro, 2015;

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 5014: **Produtos refratários densos e isolantes – Determinação do módulo de ruptura à temperatura ambiente**. Rio de Janeiro, 2012;

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7181: **Solo: Análise Granulométrica**. Rio de Janeiro, 1983;

BARBOSA, G. S. **O desafio do desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: < http://www.fsma.edu.br/visoes/ed04/4ed_O_Desafio_Do_Desenvolvimento_Sustentavel_Gisele.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2017;

CAMPOS, A. R.; RIBEIRO, R. C. C.; CASTRO, N. F.; AZEVEDO, H. C. A.; CATTABRIGA, L. **Resíduos: tratamento e aplicações industriais**. In: VIDAL, F. W. H.; AZEVEDO, H. C. A.; CASTRO, N. F. (eds.). Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, p. 431-492, 2014;

MOREIRA, J. M. S. Et al. **Reaproveitamento de resíduos de rocha ornamental proveniente do Noroeste Fluminense em cerâmica vermelha**. UENF, 2005, p. 1-2. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ce/v51n319/26789.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2017;

OLIVEIRA, T.; RIBEIRO, R. P.; MOREIRAS, T. F.; **Caracterização de lamas do corte de granitos com vista ao uso em obras geotécnicas**. Ciência & Engenharia, v. 25, n. 2, p. 51 – 57, jul. – dez. 2016;

PONTES, I.F; STELLIN, A. J.; **aproveitamento de resíduos de serrarias na indústria de construção civil**. VII Jornadas argentinas de ingenieria de minas – Buenos Aires / argentina. Rio de Janeiro, 2005;

SANTOS, P. S.; **Ciência e Tecnologia de Argilas**. 2 ed. v.1. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1989;

SILVA, A. B.; **Reaproveitamento da lama de aciaria com baixo teor de ferro metálico na fabricação de cerâmica vermelha**. 2006. Dissertação (Mestrado na área de Análise e Seleção de Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2006;

SILVA, J. B. et al. **Incorporação de lama de mármore e granito em massas argilosas**. Natal, RN. 2005. Cerâmica 51 (2005) 325-330;

SOUSA, J. G.; **Análise ambiental do processo de extração e beneficiamento de rochas ornamentais com vista a uma produção: aplicação em Cachoeiro de Itapemirim-ES**. 2007. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Análise Ambiental) – Faculdade de Engenharia UFJF, Minas Gerais, 2007;

ZEPEDA, V. **Para transformar os resíduos de marmorarias em produtos de valor**, FAPERJ, 2011. Disponível em: <<http://www.faperj.br/index.php?id=1899.2.2#topo>>. Acesso em: 4 de mar. 2017.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Absorbância 72, 73, 205, 212, 214

Adsorção 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 121, 127, 184, 186, 189, 190, 191, 192, 196, 201, 204, 205

Adsorvente 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 69, 71, 72, 74, 79, 184, 186, 187, 188, 189, 190, 191

Águas superficiais 208, 209

Ambiente aquático 132, 185, 194

Analito 59, 60, 61, 62, 64, 65

B

Bactérias 128, 130, 136, 142, 146, 209

Bioadsorventes 58, 184, 218

Biocombustíveis 83, 158

Biodegradável 107, 158

Biodiesel 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 173

Biogás 179

Biomassa 59, 65, 82, 83, 84, 86, 87, 92, 119, 120, 121, 123, 124, 128, 160

C

Carbono 7, 13, 16, 21, 30, 40, 54, 83, 210, 212

Celulose 59, 60, 66, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 89, 90, 105, 116, 119, 120, 121, 124, 189

Coagulante 108, 117

Coliformes 116, 141, 142, 143, 145, 146

Condensador 148, 149, 150, 152, 153

Contaminação 26, 69, 215

Contaminantes emergentes 56, 185

Copolímero 13, 14, 20, 38

D

Degradação 65, 85, 127, 182, 194, 195, 197, 201, 202, 203, 204, 205, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 214, 215, 216

Densidade 11, 29, 58, 107, 108, 112, 113

Desenvolvimento sustentável 2, 11

Dessorção 196, 201

Destilação 152

Diesel 157, 158, 160, 169, 170, 172, 173, 175, 176, 177, 179

Dióxido de titânio (TiO₂) 210

E

Ecosistema 129, 130

Espectroscopia 54, 61, 83, 86, 90, 184, 196

Estação de tratamento de esgoto (ETE) 65, 218

Estrutura amorfa 82, 83

F

Fármacos 64, 184, 185, 186, 194, 208

Fibras 60, 83, 86, 87, 96

Floculante 105, 106, 107, 110

Fluido 55, 148, 149, 150, 167

Fotoatividade 195, 213

Fotocatalisador 194, 203, 204, 210, 213

Fotocatálise heterogênea 194, 210

G

Granulometria 3, 4, 63, 84, 120, 190, 208, 212, 213, 216

H

Hidrofílico 21, 58

I

Indústria química 148

In natura 14, 59, 61, 64, 65, 67, 69, 71, 73, 74, 80, 83, 84, 85, 86, 87, 92, 120, 187, 188

L

Lignina 60, 61, 66, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 119, 120

M

Mananciais 2, 208

Materiais lignocelulósicos 56, 59, 60, 61, 85, 120

Matéria-prima 2, 83

Matrizes ambientais 183

Meio ambiente 1, 2, 70, 80, 82, 87, 106, 116, 126, 128, 181, 184

Metais 2, 55, 56, 57, 58, 62, 63, 64, 69, 70, 127, 130, 138, 186, 210, 218

Microscopia eletrônica de varredura (MEV) 62, 184, 196, 211, 212

Mineral 70

Mineralização 212, 215

N

Nanomateriais 40

Nanopartículas 184, 186, 187, 188, 192, 194, 195, 197, 212, 213

O

Óleos 13, 14, 16, 17, 20, 22, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 37, 38, 39, 157, 158, 160, 161, 162, 164, 169

Otimização 20, 54, 56, 58, 62, 63, 84, 105, 106, 122, 153, 165, 166, 168, 170

Oxidação 54, 63, 70, 127, 160, 194, 204, 215

P

Patógenos 127, 141, 209

Polímero 14, 60, 96, 106, 107, 112, 119

Polissacarídeos 61

Pré-tratamento 58, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 119, 120, 124, 125, 180, 182, 183, 210

Processos industriais 70, 82, 83

Processos oxidativos avançados 57, 194, 195, 208, 209, 210, 218

R

Radiação 61, 132, 195, 196, 200, 210, 216, 218

Reaproveitamento 1, 3, 12, 56, 126, 136, 138

Recursos hídricos 69, 127, 128

Remediação ambiental 56, 58, 218

Remoção 57, 59, 64, 65, 67, 69, 70, 73, 74, 78, 79, 82, 84, 87, 88, 105, 110, 113, 114, 115, 116, 127, 128, 130, 131, 139, 163, 182, 183, 184, 185, 186, 190, 191, 192, 201, 216, 218

Renovável 82, 83, 158, 160, 161

Resíduo 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 67, 81, 82

Resistência 1, 2, 7, 9, 10, 11, 14, 25, 58, 82, 118, 119, 122, 123, 124, 208

S

Semicondutor 213

Superfície 21, 61, 78, 79, 84, 110, 115, 130, 131, 132, 133, 143, 149, 186, 187, 188, 190,

196, 197, 204, 205, 211

T

Temperatura 1, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 17, 31, 63, 84, 95, 96, 98, 111, 112, 119, 120, 127, 136, 143, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 159, 161, 164, 166, 168, 182, 183, 187, 188, 189, 196, 197

Toxicidade 70, 194, 195, 209

Tratamento de efluentes 56, 57, 58, 65, 105, 126, 139, 208

Trocador de calor 148, 149, 152, 153, 154

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021