



As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)


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 Cremona

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 Alfnas

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

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª 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. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^ª 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

CAPÍTULO 3

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

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 06/11/2020

Paula Gabriela Dalla Porta

Universidade Federal de Santa Maria

Engenharia Química

Santa Maria, RS

<http://lattes.cnpq.br/9414624921819309>

Dinalva Schein

Universidade Federal de Santa Maria

Engenharia Química

Santa Maria, RS

<http://lattes.cnpq.br/8537370885641182>

Suely Ribeiro Hollas

Universidade Regional Integrada do Alto

Uruguai e das Missões, Engenharia Química

Santo Ângelo, RS

<http://lattes.cnpq.br/5546355005670058>

Carolina Smaniotto Fronza

Universidade Federal de Santa Maria

Engenharia Química

Santa Maria, RS

<http://lattes.cnpq.br/9662495827820486>

Gabriela Aline Kroetz Bremm

Universidade Regional Integrada do Alto

Uruguai e das Missões, Engenharia Química

Santo Ângelo, RS

<http://lattes.cnpq.br/4548141143478226>

Isaac dos Santos Nunes

Universidade Regional Integrada do Alto

Uruguai e das Missões, Engenharia Química

Santo Ângelo, RS

<http://lattes.cnpq.br/6592130971504394>

Andréia Monique Lermen

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Microbiologia Agrícola e do Ambiente

Cerro Largo, RS

<http://lattes.cnpq.br/7252021598762941>

Naiara Jacinta Clerici

Universidade Federal da Fronteira Sul

Engenharia Ambiental e Sanitária

Cerro Largo, RS

<http://lattes.cnpq.br/3630704975736129>

RESUMO: A separação de particulados é essencial, pois, além da obtenção do produto desejado, evita-se o desperdício de materiais de alto valor agregado e controla a poluição nos mais diversos ambientes. Existem vários processos que permitem a separação de partículas, e um exemplo é a sedimentação, que é uma operação de separação sólido-líquido baseada na diferença entre as concentrações das fases presentes na suspensão, as quais estão sujeitas à ação do campo gravitacional. Inicialmente, a suspensão se apresenta homogênea, porém, durante o processo, as partículas mais densas se depositam no fundo do sedimentador formando a região do espessado, e acima dele a do líquido clarificado. A operação pode ser melhor entendida com o emprego do teste de proveta, o qual se baseia no monitoramento do deslocamento axial da interface superior da suspensão com o tempo. Dessa forma, realizou-se o estudo da sedimentação das suspensões de Carbonato de Cálcio (CaCO_3) e Hidróxido de Cálcio (Ca(OH)_2), nas concentrações de 3, 5 e 7% (30, 50 e 70 g L^{-1}), a fim de quantificar as variáveis de altura da

suspensão e o tempo do processo, para então se determinar a variação da concentração da suspensão e a velocidade de sedimentação. Após o ensaio, observou-se que as soluções com concentrações mais baixas levaram menos tempo para sedimentar, em comparação com as mais concentradas. Quanto à velocidade, verificou-se que as mesmas dependiam somente da concentração das partículas em suspensão, esta que aumentou gradativamente com a diminuição da altura da interface, devido ao acúmulo de partículas sólidas na base da coluna.

PALAVRAS CHAVE: Operação unitária; sedimentação; separação de partículas; suspensão; teste de proveta.

STUDY OF DISCONTINUOUS SEDIMENTATION OF CaCO_3 AND Ca(OH)_2 IN DIFFERENT CONCENTRATIONS AIMING AT THE SEPARATION OF PARTICULATE

ABSTRACT: Particles separation is essential, because, in addition to obtaining a desired product, it also avoids the waste of materials with high added value and controls pollution in several environments. There are many processes that allow particles separation, and an example is sedimentation, which is a solid-liquid separation operation based on the difference of concentrations of the phases in the suspension, which are subject to the gravitational field action. Initially, the suspension shows homogeneous, however, during the process, the denser particles are deposited on the bottom of the sedimenter forming the thickened region, and above that, the clarified liquid. The operation can be better understood using the tube's test, based on monitoring the axial displacement of the upper suspension interface over time. Thus, the sedimentation study of the suspensions of Calcium Carbonate (CaCO_3) and Calcium Hydroxide (Ca(OH)_2) was carried out, in concentrations of 3, 5 and 7% (30, 50 and 70 g L⁻¹), to quantify the suspension height variables and the process time, to then determine the suspension concentration variation and the sedimentation speed. After the test, it was observed that solutions with lower concentrations took less time to settle, compared to the more concentrated ones. As for speed, it was found that they depended only on the particles concentration in suspension, which gradually increased with the decrease in the height of the interface, due to the accumulation of solid particles at the column base.

KEYWORDS: Unit operation, sedimentation, particle separation, suspension, tube's test.

1 | INTRODUÇÃO

Operações unitárias, apontadas como um dos pilares nas indústrias químicas, são seqüências de um processo industrial e que possuem ampla aplicação. Estas operações são baseadas em princípios teóricos e empíricos, divididas em cinco classes, sendo essas a transferência de calor, transferência de massa, processos de escoamento de fluidos, termodinâmicos e também mecânicos (ISENMANN, 2018).

De acordo com Cremasco (2014), a sedimentação é considerada um processo mecânico, sendo, atualmente, uma das etapas de separação de partículas mais importantes, dentre as operações unitárias disponíveis para esta aplicação. Sua utilização é notificada

em indústrias químicas, têxteis, farmacêuticas, no beneficiamento de minério, bem como no processamento de alimentos, tratamento de água e de resíduos, pois, além da obtenção do produto desejado, evita o desperdício de materiais de alto valor agregado e o controle da poluição nos mais diversos ambientes.

A sedimentação é uma operação que ocorre sujeita à ação do campo gravitacional, normalmente em tanques cilíndricos, conhecidos como sedimentadores. Estes equipamentos podem ser classificados em dois tipos: os espessadores, que têm como produto de interesse a fase particulada e são caracterizados pela produção de espessados com alta concentração de partículas; e os clarificadores, que produzem o clarificado com baixa concentração de partículas, apresentando a parte sobrenadante como produto de interesse (AROUCA, 2007).

Conforme estudos de França e Massarani (2002), algumas aplicações tecnológicas da sedimentação se dão na indústria da mineração, nas quais são largamente utilizados para obtenção de polpas com concentrações adequadas, espessamento de rejeitos com concentração elevada de partículas, recuperação de água para reciclo industrial e recuperação de partículas ou solução de operações de lixiviação, utilizados em processos metalúrgicos.

A operação de sedimentação pode ser facilmente entendida por meio do teste de proveta, o qual se baseia no acompanhamento do deslocamento axial da interface superior da suspensão ao longo do tempo. No início do ensaio, as partículas apresentam-se homogêneas e a concentração da fase particulada é constante em todos os pontos ao longo da altura da proveta. Quando começam a sedimentar, inicia-se a formação de uma região de líquido clarificado, que é praticamente isenta de sólidos. Logo após, é originada a região intermediária, ou região de sedimentação livre, que contém aglomerados mais finos (menos concentrados) e no final da proveta estão as partículas maiores e mais densas, formando a região de compactação (CREMASCO, 2014).

Com o decorrer do teste são observadas variações na altura destas regiões. As regiões de líquido clarificado e de compactação tornam-se maiores em virtude do desaparecimento da região de sedimentação livre. Após um tempo, atinge-se uma situação na qual existe apenas a região de compactação e a de líquido clarificado. A partir de então, a sedimentação consiste em uma compressão lenta da fase particulada, que expulsa o líquido existente entre as partículas para a região de líquido clarificado. A expulsão do líquido promove a acomodação da fase particulada, que pode ser observada por meio de uma pequena variação na altura da região de compactação (FRANÇA e MASSARANI, 2002).

A operação de espessamento (ou sedimentação) de suspensões leva à formação de tortas (lama, lodo, espessado), resultando na variação da concentração da fase particulada (partículas ou aglomerados) no volume do tanque de sedimentação. E se tratando de operações em batelada (quando uma dada quantidade de material é processada por meio

de passos unitários), resulta também na variação do tempo de operação (CREMASCO, 2014).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo obter as curvas de sedimentação das suspensões de carbonato de cálcio (CaCO_3) e hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) nas concentrações de 3, 5 e 7% (30, 50 e 70 g L⁻¹).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Com o auxílio de provetas, inseriu-se em cada um dos frascos de sedimentação diferentes concentrações de CaCO_3 e Ca(OH)_2 . Na sequência, homogeneizaram-se as suspensões e anotaram-se os dados de tempo e altura da interface, conforme ocorria a sedimentação das partículas. Com os dados obtidos, partiu-se para os cálculos e plotagem do processo de sedimentação do CaCO_3 e Ca(OH)_2 .

Por meio da Equação 1, calculou-se a concentração das suspensões para as diferentes alturas de interface, sendo que C é a concentração, C_i é a concentração inicial, Z_i é a altura da região de compactação inicial e Z é a altura da região de compactação.

$$C = (C_i Z_i) / Z \quad (1)$$

Para a análise da velocidade de sedimentação conforme a altura da região de compactação, empregou-se a Equação 2, na qual v é a velocidade de sedimentação, Z_i é a altura da região de compactação inicial, Z é a altura da região de compactação e θ é o tempo de sedimentação.

$$v = (Z_i - Z) / \theta \quad (2)$$

A partir dos dados obtidos pelas Equações 1 e 2, construiu-se as seguintes curvas de sedimentação para as diferentes concentrações iniciais (3, 5 e 7%) das suspensões de CaCO_3 e Ca(OH)_2 : altura de suspensão *versus* tempo de sedimentação, velocidade de sedimentação *versus* altura da suspensão e concentração da suspensão *versus* altura da suspensão. Por fim, compararam-se os gráficos experimentais com os gráficos teóricos apresentados na literatura.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A suspensão apresentou-se homogênea e a concentração da fase particulada ao longo da proveta foi constante no início da análise. Com o decorrer do experimento, as partículas maiores e mais densas tenderam a começar a sedimentar, formando uma camada mais espessa no fundo da proveta, denominada região de compactação ou região de concentração da suspensão. Assim, conforme esperado, tem-se a formação de aglomerados mais concentrados e com maior velocidade de sedimentação. Os

aglomerados finos ou menos concentrados, sedimentaram mais lentamente, formando a região intermediária.

Para ser possível a plotagem do gráfico, aferiu-se o cronômetro de tempo para cada 3 centímetros (cm) de movimentação da zona de concentração das partículas, gerando assim, valores da altura da interface e tempo. Relacionando esses dados, construíram-se as curvas de sedimentação apresentadas na Figura 1, a qual demonstra o movimento das interfaces para o CaCO_3 nas concentrações de 3, 5 e 7%.

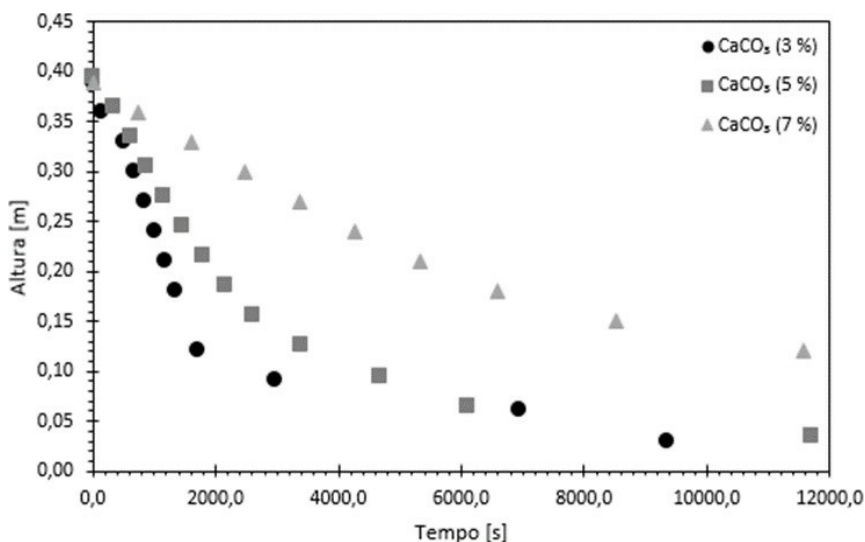


Figura 1. Altura versus tempo de sedimentação de CaCO_3 (3, 5 e 7%).

A diferença da variação de altura com o passar do tempo foi percebida analisando-se as curvas de sedimentação de CaCO_3 para as três concentrações. Conforme a Figura 1, percebe-se que a solução com menor concentração obteve a curva menos linear. Isto porque o tempo para sedimentar foi menor que o das soluções mais concentradas, ou seja, quanto maior a concentração da solução, maior o tempo de sedimentação.

Além disso, a diferença entre a altura inicial e a altura final de sedimentação foi menor para o CaCO_3 mais concentrado (7%), ou seja, a altura de compactação foi maior para as soluções que apresentam maior quantidade de particulados, uma vez que as alturas mínimas das suspensões de CaCO_3 aumentaram significativamente, conforme apresentado na Tabela 1. Esse resultado é semelhante ao de Pirola *et al.* (2017), que analisaram as suspensões de CaCO_3 com as mesmas concentrações utilizadas neste ensaio, apresentando em seus resultados poucas discordâncias entre as curvas.

Concentração (%)	Altura Inicial (m)	Altura Mínima (m)
3	0,390	0,023
5	0,395	0,043
7	0,390	0,052

Tabela 1. Altura Inicial e mínima de suspensão de CaCO_3 .

A curva de sedimentação do Ca(OH)_2 (3%) apresentou uma queda significativa com o tempo, como pode ser observado na Figura 2, indicando que o Ca(OH)_2 (3%) teve um tempo de sedimentação bastante curto quando comparado às demais concentrações, com uma menor variação da sua altura nos últimos pontos da curva, pois as partículas já haviam sedimentado e o espessado já estava bastante compactado.

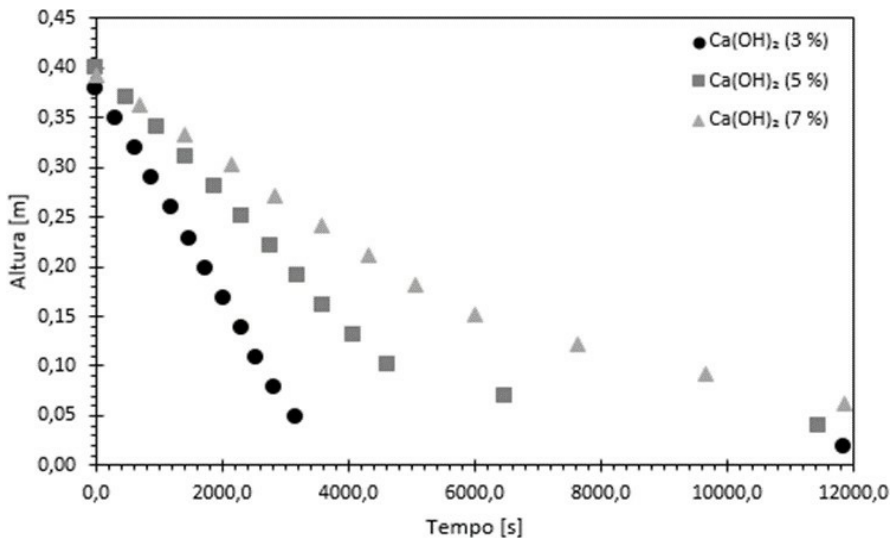


Figura 2. Altura versus tempo de sedimentação de Ca(OH)_2 (3, 5 e 7%).

De acordo com a Figura 2, para as concentrações de 5 e 7%, as curvas apresentaram-se mais lineares, uma vez que a sedimentação não ocorreu de forma tão rápida quanto a de 3%. Também se percebeu que a altura de sedimentado sofre menor variação quanto menor for a concentração das partículas, como visualizado na Tabela 2. Spirandeli *et al.* (2015), realizaram o mesmo ensaio para a solução de Ca(OH)_2 , com as mesmas concentrações, sendo que as curvas obtidas foram semelhantes, diferindo apenas no tempo de sedimentação, que foi menor.

Concentração (%)	Altura Inicial (m)	Altura Mínima (m)
3	0,378	0,02
5	0,4	0,026
7	0,392	0,048

Tabela 2. Altura Inicial e mínima de suspensão de Ca(OH)_2 .

Um aspecto importante a ser levado em consideração é referente a região intermediária da sedimentação. Nessa região, houve dificuldades na visualização da separação da zona de líquido límpido e na zona de concentração da suspensão, principalmente para as soluções menos concentradas, e, mais ainda, para o Ca(OH)_2 . Isso decorre do fato de ser uma solução de baixa solubilidade, fazendo com que o clarificado apresentasse uma coloração aparente, dificultando assim, uma leitura nítida das alturas, e possivelmente ocasionando algumas divergências nos resultados.

Foram realizados também cálculos da variação de concentração conforme a altura. A concentração na região de compactação foi maior quando comparada à solução homogênea inicial, como pode ser analisado na Figura 3, que demonstra as curvas de altura da interface *versus* concentração de CaCO_3 .

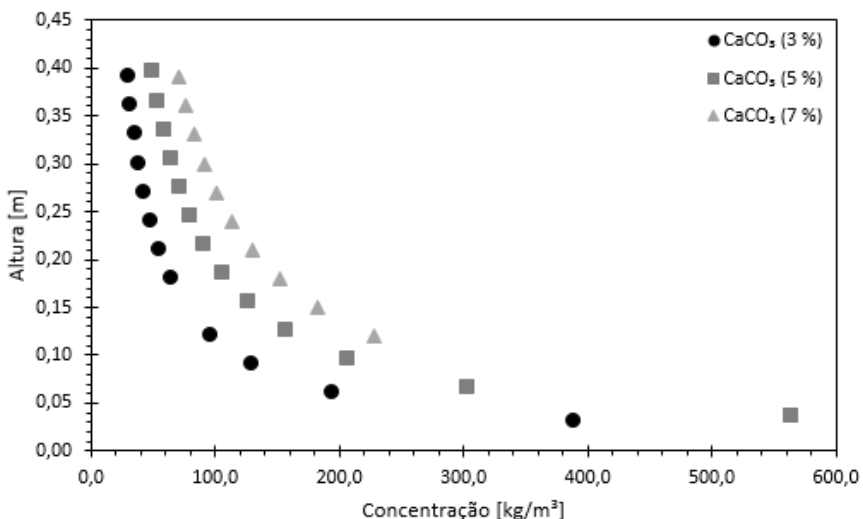


Figura 3. Altura *versus* concentração de CaCO_3 (3, 5 e 7%).

Segundo a Figura 3, observa-se que em ambas as curvas a concentração aumentou conforme se diminuía a altura, ou seja, houve a formação da região de compactação com concentração maior do que a inicial, como previsto por outros estudos abordados pela

literatura. Esse aumento na concentração foi convergente para as três concentrações.

Para o Ca(OH)_2 também se obteve o aumento da concentração do espessado com a variação da altura, como pode ser visto na Figura 4. As curvas são semelhantes às obtidas por Pirola *et al.* (2017), os quais constataram uma maior concentração na região de compactação do espessado, pois esta é uma região onde todos os sólidos sedimentados estão presentes, além de ter um predomínio de partículas mais pesadas e com sedimentações rápidas, ou seja, onde as concentrações são maiores.

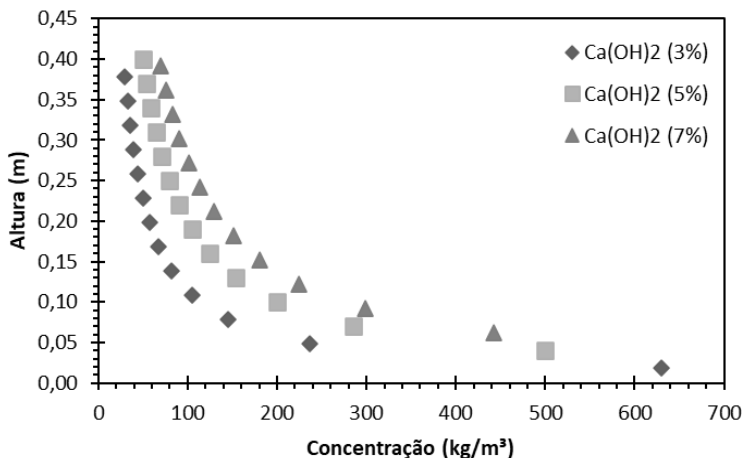


Figura 4. Altura *versus* concentração Ca(OH)_2 (3, 5 e 7%).

Relacionando as alturas da interface com a altura inicial e o tempo do processo, realizou-se o cálculo da velocidade de sedimentação para as três concentrações de CaCO_3 , demonstrado na Figura 5.

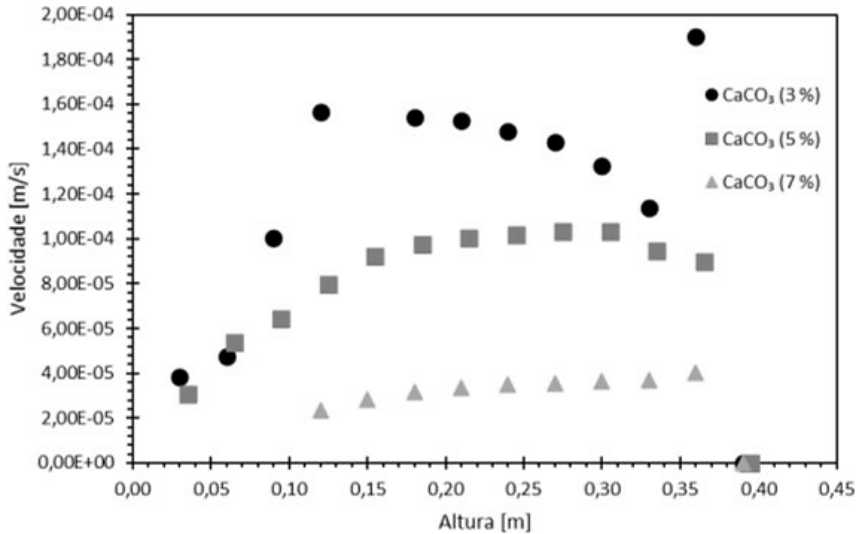


Figura 5. Velocidade versus Altura CaCO₃ (3, 5 e ,7%).

Em conformidade com a Figura 5, a velocidade foi maior para a concentração de 3% de CaCO₃, pois o tempo que essa suspensão levou para sedimentar foi menor quando comparado com as demais concentrações, visto que a velocidade diminui gradativamente com as soluções mais concentradas. Isso se explica pelo fato de que a velocidade de sedimentação sempre tende a zero quando a concentração tende a aumentar. A velocidade de sedimentação depende somente da concentração local de partículas.

Pirola *et al.* (2017), encontraram resultados parecidos para a velocidade, apresentando divergências mais significativas apenas na curva do CaCO₃ (3%), a qual obteve grandes variações em vários pontos, apresentando, assim, menor linearidade quando comparada às outras concentrações.

As curvas para o Ca(OH)₂ apresentaram maior linearidade, conforme a Figura 6, tendo uma diminuição da velocidade conforme a variação da altura. Pode-se observar que a concentração de 3% sedimentou com maior velocidade, enquanto que a concentração de 7% obteve os menores valores, apresentando um resultado constante para a velocidade da metade da altura do espessado até um ponto antes da última altura medida, pois a maioria das partículas já estava na região de compactação.

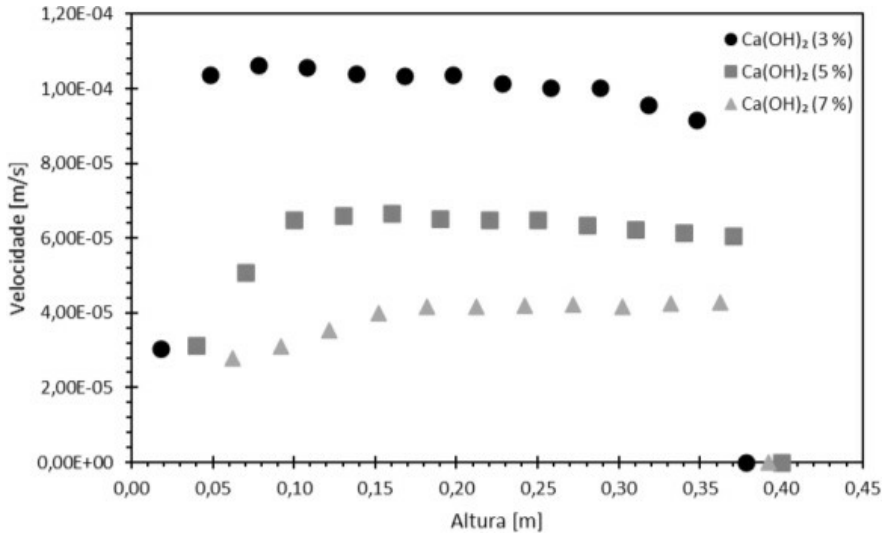


Figura 6. Velocidade versus Altura Ca(OH)₂ (3, 5 e 7%).

Outro aspecto a ser observado em relação à Figura 6 são os pontos de maior velocidade, que estão na região média de cada curva, correspondente à região de sedimentação livre, na qual as partículas sedimentam livremente, diminuindo a velocidade somente quando se aproximam da região de compactação, onde não há mais espaço livre para sedimentar e as partículas apenas se acomodam.

4 | CONCLUSÃO

Diante disso, pode-se observar que em soluções com menores concentrações, os particulados levaram um tempo menor para sedimentar, quando comparadas às com maiores concentrações, pois há menor quantidade de sólidos particulados.

Em relação às concentrações, as mesmas aumentaram gradativamente à medida que a altura da interface diminuía, pois a região de espessado que se forma com o tempo de sedimentação é rica em sólidos. Quanto à velocidade, constatou-se que esta depende somente da concentração local de partículas, variando conforme a concentração. Quanto maior a concentração de sólidos numa região, menor é a velocidade de sedimentação, por isso, na região de compactação a velocidade tende a zero. Quanto maior o tamanho da partícula na região de sedimentação livre, maior é a sua velocidade, e as partículas menores sedimentam mais lentamente.

Os resultados puderam ser comparados com outros experimentos disponíveis na literatura, demonstrando curvas bastante semelhantes, apresentando poucas divergências entre as mesmas. Essas divergências podem estar associadas aos pré-tratamentos das soluções de CaCO₃ e Ca(OH)₂ e das áreas dos sedimentadores. Outra possível fonte

de discrepância pode estar relacionada à precisão do método, devido à dificuldade na visualização da região de transição do líquido clarificado para a região mais concentrada, conduzindo a possíveis erros na aferição da variação da altura do espessado.

REFERÊNCIAS

Arouca, F. O. **Uma contribuição ao estudo da sedimentação gravitacional em batelada**. Tese de doutorado. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2007.

CreMASCO, M. A. **Operações Unitárias em Sistemas Particulados e Fluidomecânicos** - 2ª ed- São Paulo: Blucher, 2014.

França, S. C. Massarani, G. **Separação sólido-líquido**. In: Freire, J. J.; Silveira, A. N. (Eds.) Tratamento de Minérios. Comunicação técnica - CETEM, Rio de Janeiro, 2002.

Isenmann, A. F. **Operações Unitárias na Indústria Química**. Centro Federal de Educação Tecnológicas de Minas Gerais, 3 ed., 2018.

Pirola, A.; Weschenfelder, B. L.; Costa, C.; Krüger, J. A.; Lodi, R.; Nunes, I. S. **Análise de sedimentação descontínua em suspensão de CaCO_3 e Ca(OH)_2** . In: I Mostra de Trabalhos de Engenharia Química da URI, p. 17. Anais eletrônicos. Santo Ângelo: URI, 2017.

Spirandeli, A. B. L.; Souza, A. S.; Pinto, C. F.; Martinelli, L...; Speretta, M. E.; Santos, K. G. **Projeto e construção de um sedimentador em escala de laboratório**. In: XXXVII ENEMPI, p.1267-1275. Anais eletrônicos. São Carlos: UFSCAR, 2015.

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