

Engenharias:

Da Genialidade à Profissão e
seu Desenvolvimento

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro
(Organizadores)



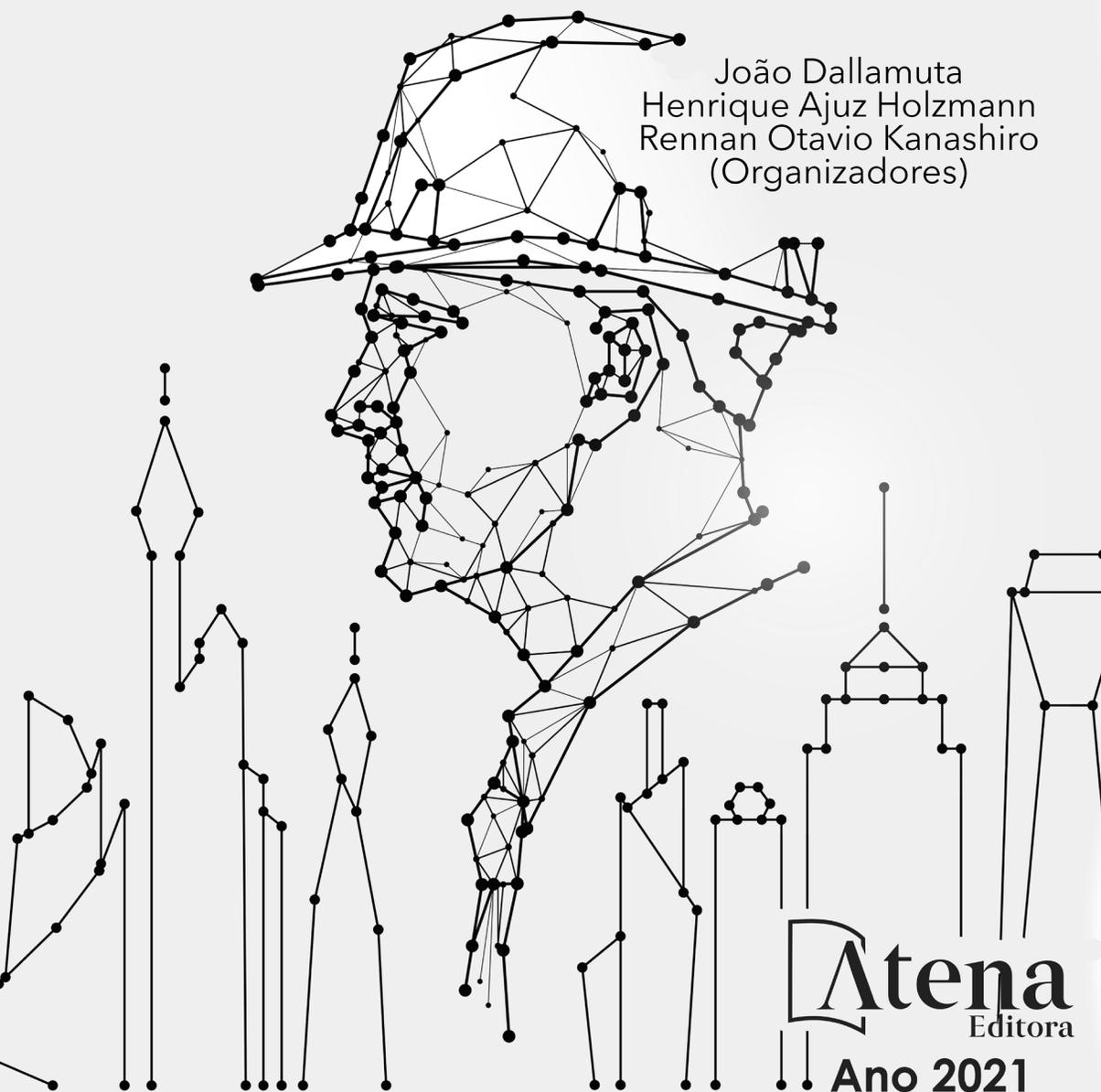
Atena
Editora

Ano 2021

Engenharias:

Da Genialidade à Profissão e
seu Desenvolvimento

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro
(Organizadores)



Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de 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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

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

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

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

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

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

Engenharias: da genialidade à profissão e seu desenvolvimento

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

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

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

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

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

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

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

APRESENTAÇÃO

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

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

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

Boa leitura!

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

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

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

DOI 10.22533/at.ed.7182112051

CAPÍTULO 2..... 10

ANÁLISE DE ESTABILIDADE DE UM AEROMODELO ATRAVÉS DO SOFTWARE XFLR5

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

DOI 10.22533/at.ed.7182112052

CAPÍTULO 3..... 18

IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS ATRIBUTOS PARA O PROJETO DE UMA REDE CICLOVIÁRIA

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

DOI 10.22533/at.ed.7182112053

CAPÍTULO 4..... 32

ANÁLISE DE INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA UTILIZANDO AS FERRAMENTAS DE ECOEFICIÊNCIA

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

DOI 10.22533/at.ed.7182112054

CAPÍTULO 5..... 49

DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE PASSAGEM EM JORNADA de SERVIÇO DE MAQUINISTAS

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

Ana Flávia Moraes de Souza

DOI 10.22533/at.ed.7182112055

CAPÍTULO 6..... 63

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

Eliamare Alves da Silva

Danilo Medeiros de Almeida Cardins

Lizandra Vitória Gonçalves dos Santos

Kelvonn Henrique Matos de Oliveira Xavier

Jalberth Fernandes de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.7182112056

CAPÍTULO 7..... 75

APLICABILIDADE DE GEOSSINTÉTICOS EM OBRAS DE ENGENHARIA

Marcus Gabriel Souza Delfino

Juliângelo Kayo Sangi de Oliveira

Gabriela Callegario Santolin

DOI 10.22533/at.ed.7182112057

CAPÍTULO 8..... 87

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

Lourena Ferreira Uchôa

Lilian Medeiros Gondim

DOI 10.22533/at.ed.7182112058

CAPÍTULO 9..... 102

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

Aline Viancelli

Antônio Cristiano Lara Sampaio

Christian Antônio dos Santos

Daniel Celestino Fornari Bocchese

Denilson Lorenzatto

Helton Araujo Couto Carneiro

Luiz Fernando Broetto

Patrícia Aparecida Zini

Paula Roberta Silveira Málaga

Robison Ranieri Martins

Thiago Demczuk

William Michelin

DOI 10.22533/at.ed.7182112059

CAPÍTULO 10..... 109

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

Andreyra Raphaella Sena Cordeiro de Lima

Maria de Lourdes da Cunha Nóbrega

Robson Canuto da Silva

DOI 10.22533/at.ed.71821120510

CAPÍTULO 11..... 124

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

Amanda dos Santos Carteado Silva

Luiz Roberto Santos Moraes

DOI 10.22533/at.ed.71821120511

CAPÍTULO 12..... 132

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

Lukas Augusto Moreira

Nathaly Sarasty Narváez

Vanessa Nupán Narváez

DOI 10.22533/at.ed.71821120512

CAPÍTULO 13..... 151

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

José Wilson dos Santos Ferreira

Diego Manchini Milani

Michéle Dal Toé Casagrande

Raquel Souza Teixeira

DOI 10.22533/at.ed.71821120513

CAPÍTULO 14..... 165

SERENS: DISCUTINDO O PRESENTE PARA TRAÇAR O FUTURO

Rosângela de Araújo Santos

Teresinha de Quadros Guilherme dos Santos

Jarbas Cordeiro Sampaio

Ernando Ferreira

Elisa Cristina de Barros Casaes

Aline Rita Pereira Hohenfeld

Eleilson Santos Silva

DOI 10.22533/at.ed.71821120514

CAPÍTULO 15..... 175

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

Luciano Teixeira dos Santos

Alex Álisson Bandeira Santos

Joyce Batista Azevedo

Paulo Roberto Freitas Neves

DOI 10.22533/at.ed.71821120515

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

DISPOSITIVOS PARA DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CRISTAIS DE GELO EM SOLUÇÃO DE GELO LÍQUIDO

Data de aceite: 03/05/2021

Data de submissão: 05/02/2021

Ricardo Santos Nascimento

Universidade Estadual de Feira de Santana,
Departamento de Tecnologia
Feira de Santana – BA
<http://lattes.cnpq.br/8420435332132482>

Rennan Yie Yassu Nishimori

Universidade Estadual de Campinas,
Faculdade de Engenharia de Alimentos,
Departamento de Engenharia de Alimentos
Campinas – SP
<http://lattes.cnpq.br/0392448585069223>

Vivaldo Silveira Junior

Universidade Estadual de Campinas,
Faculdade de Engenharia de Alimentos,
Departamento de Engenharia de Alimentos
Campinas – SP
<http://lattes.cnpq.br/3974473071197646>

RESUMO: O gelo líquido, também conhecido como pasta de gelo ou “ice slurry”, é um termo empregado para misturas contendo cristais de gelo em uma solução no estado líquido. O gelo líquido é uma tecnologia nova que tem mostrado grande potencial energético, pela sua capacidade de transportar energia como fluido térmico e armazenar “frio” por energia latente de fusão. Para que haja um controle eficiente do transporte dessa energia no gelo líquido, se faz necessário um sistema de medição da concentração de cristais de gelo de maneira

rápida e precisa. O objetivo desse trabalho foi desenvolver um dispositivo capaz de mensurar a concentração de cristais de gelo em solução de gelo líquido. Nesse trabalho foram utilizados três princípios de medições: velocidade do som do fluido, condutividade elétrica e refração da luz. As medições foram realizadas com a solução em batelada, ou seja, sem vazão mássica. Para análise de viabilidade técnica foram realizadas medidas com uma solução modelo que simulasse a presença de micropartículas em solução. A solução modelo foi produzida com amido e microesferas de vidro, cuja concentração referencial foi determinada pela fração mássica de microesferas, enquanto a solução de gelo líquido foi produzida com água-etanol, cuja concentração referencial foi determinada pelo método de Calorimetria. Os experimentos de medições demonstraram tendências diretamente proporcionais a concentração de partículas e de cristais de gelo. Os resultados comprovaram a viabilidade e praticidade no desenvolvimento de um dispositivo capaz de medir concentração de cristais de gelo em solução de gelo líquido.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de medição, Gelo líquido, Ultrassom, Condutividade, Refração.

DEVICES FOR DETERMINING THE CONCENTRATION OF ICE CRYSTALS IN LIQUID ICE SOLUTION

ABSTRACT: Liquid ice, also known as ice slurry, is a term used for blends containing ice crystals in a liquid solution. Liquid ice is a new technology that has shown great energy potential, for its ability to transport energy as a thermal fluid and to store “cold” by latent fusion energy. In order to

have an efficient control of the energy transport in the liquid ice, a fast and precise system of measuring the concentration of ice crystals is necessary. The objective of this project was to develop a device capable of measuring the concentration of ice crystals in liquid ice solution. In order to realize, three principles of measurement were used: the sound velocity on fluid, electrical conductivity and light refraction. The measurements were carried out with the solution in batch, in other words, without mass flow. For technical feasibility analysis, measurements were made with a model solution that simulated the presence of microparticles in solution. The model solution was produced with starch and glass microspheres, whose referential concentration was determined by the microsphere mass fraction, while the liquid ice solution was produced with water-ethanol, whose reference concentration was determined by the Calorimetry method. Measurement experiments showed trends directly proportional of particles concentration and ice crystals. The results proved the feasibility and practicality in the development of a device capable to measure the concentration of ice crystals in liquid ice solution.

KEYWORDS: Measuring system, Liquid ice, Ultrasound, Conductivity, Refraction.

1 | INTRODUÇÃO

Segundo Medeiros (2010) o gelo líquido é uma tecnologia nova que tem mostrado grande potencial energético: além de transportar energia como fluido térmico, possui propriedade termoacumuladora pela presença de cristais de gelo, armazenando “frio” pela energia latente de fusão. Ele também tem um resfriamento rápido pois possui grande área de transferência de calor criada pela sua alta quantidade de partículas (KAUFFELD et al., 2010).

Sistemas de resfriamento com gelo líquido têm sido instalados em várias construções com o propósito de condicionamento de ar. Na maioria dos casos, os sistemas de produção de gelo líquido estão combinados com um sistema de termo-acumulação para armazenar energia durante a noite e usar durante o dia para satisfazer os picos de carga. O resultado são economias operacionais que podem ser feitas onde tarifas de pico de eletricidade estão presentes (BELLAS 2005).

Atualmente, torna-se importante a determinação da quantidade de sólidos presentes nas soluções de gelo líquido, de forma a avaliar instantaneamente a capacidade térmica do fluido. O equipamento ideal para essa medição deve ser preciso, com baixo tempo de resposta e economicamente viável.

Neste trabalho foram utilizados os métodos de calorimetria, ultrassom e condutividade elétrica a fim de determinar a concentração de cristais no gelo líquido. Existem obras que fazem referência ao uso desses métodos e comprovam a viabilidade dos mesmos.

Segundo Ticono (2003) e Hansen e Kauffeld (2001), várias propriedades termo físicas do gelo líquido podem ser usadas para determinar a concentração do gelo, sabendo se que as propriedades do gelo líquido diferem significativamente do gelo puro. As propriedades termo físicas do gelo líquido podem, em muitos casos, serem deduzidas por ponderação

linear das propriedades do gelo e do líquido. Em seus trabalhos publicados, foram feitas medição de concentração pelo método calorimétrico. Neste método o processo apresentou baixo custo, porém a retirada da amostra causava distúrbio na vazão do processo.

Trabalhos com sensores de ultrassom demonstram ser uma metodologia eficaz na medição de concentrados em soluções. No trabalho apresentado por Langlois (2011) foi demonstrado um método com ultrassom capaz de medir com precisão a concentração de partículas em gelo líquido.

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um dispositivo de leitura de concentração de cristais de gelo líquido em estado estático, por métodos de ultrassom, condutividade e refração.

2 I METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Para análise da viabilidade técnica, dos equipamentos de leitura utilizados, foi desenvolvida uma solução modelo com presença de microesferas de vidro em suspensão com concentrações até 30% de microesferas, considerando o limite operacional do gelo líquido que é de 30% de cristais de gelo. As leituras feitas na solução modelo foram realizadas em batelada, em temperatura ambiente de 28°C, após homogeneização da solução por agitação. Todas as leituras foram realizadas em triplicatas. Os métodos de leitura utilizados foram o ultrassom e a condutividade. O refratômetro não foi aplicado a solução modelo por inviabilidade operacional do equipamento.

Após confirmação da viabilidade técnica dos equipamentos foi feita a leitura de concentração em solução de gelo líquido. Os testes com o gelo líquido foram realizados em duas metodologias, a primeira foi realizada a medição direta dos particulados de cristais de gelo enquanto a segunda foi realizada medições indiretas através do fluido transportador, ou seja por meio da concentração do aditivo anticongelante na fase líquida do gelo líquido.

Em cada metodologia de medição foi estabelecido a correlação da leitura pela concentração por meio de modelos matemáticos. A modelagem matemática foi realizada por equações de regressão que estabelecem a correlação do valor medido pelo equipamento de medição em função da concentração de particulados (microesferas na solução modelo ou cristais de gelo na solução de gelo líquido).

3 I DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

Em busca de desenvolver um dispositivo de medição de concentração com características de baixo custo e ainda assim preciso, foram utilizados equipamentos de fácil operação e disponível em laboratórios de pesquisa.

As medições da velocidade do som do fluido foram realizadas através de um medidor de vazão, da marca pFlow, modelo P118 Ultrasonic transit-time flowmeter. Cujos

transdutores são montados do lado externo do tubo, arranjo clamp-on, com transmissão indireta, refletida na parede do tubo, com trajetória em “Z”, conforme Fig.1. Os transdutores foram instalados numa tubulação de CPVC de 28mm e foram calibrados com água destilada em temperatura ambiente de 28°C.

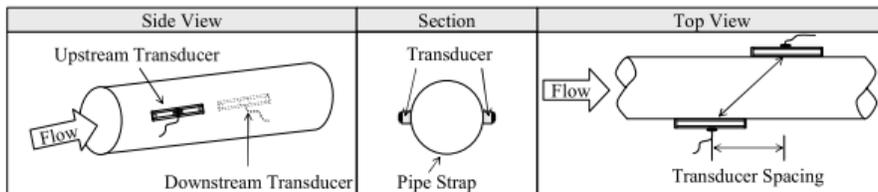


Figura 1. Posicionamento do sensor de ultrassom com trajetória em “Z”.

Fonte: (PFLOW, 2014, p. 13).

As medições da condutividade térmica foram realizadas num condutivímetro de bancada micro processado, da marca Quimis, modelo Q-795M2, com resolução de $0,1\mu\text{S}$, precisão de $\pm 10\mu\text{S}$ (0,5% do fundo de escala), reprodutibilidade de $\pm 3\mu\text{S}$ (0,15% do fundo de escala) e estabilidade de $\pm 6\mu\text{S}$ (0,3% do fundo de escala). O transdutor usado foi uma célula de constante $K=0,818$ de platina, com compensação automática de temperatura.

As medições de refração da luz foram realizadas no refratômetro de bancada, da marca Carl Zeiss, com faixa de medição de 1,3 a 1,7 índice de refração e de 0 a 95°Brix. A resolução do instrumento é de $\pm 0,0005\text{nD}$ (índice de refração), de $\pm 0,25^\circ\text{Brix}$ (para escala $<50^\circ\text{Brix}$) e de $\pm 0,005^\circ\text{Brix}$ (para escala $>50^\circ\text{Brix}$). As medidas foram feitas por luz refletida com prisma de iluminação em temperatura controlada por um banho térmico estabilizado em 20°C.

As medições pelo método de calorimetria foram realizadas em garrafas térmicas de 5 litros, cujos valores da capacidade térmica de cada garrafa, foram determinados experimentalmente em laboratório.

4 | PRODUÇÃO DA SOLUÇÃO MODELO

A solução modelo foi produzida com o objetivo de ter uma solução com partículas de diâmetro e concentrações conhecidas, para análise de viabilidade técnica dos sensores utilizados nas medições de concentrações de particulados. A solução modelo foi preparada pelo método de gelatinização do amido em água, por meio de aquecimento da solução, para isso foi utilizado 7,4% de amido de milho. Essa concentração de amido foi estabelecida experimentalmente de forma a manter as partículas em suspensão, com o mínimo de interferência possível nas medidas de concentração de partículas.

As partículas utilizadas na solução modelo são microesferas de vidro, da marca

Plotters Industrial, tipo 3R, com diâmetros de 0,8mm \pm 0,1mm.

A determinação da concentração de microesferas na solução modelo foi feita com referência na fração mássica do volume de esferas misturado na solução de amido gelatinizada.

5 | PRODUÇÃO DO GELO LÍQUIDO

O gerador de gelo líquido é da marca Shiguen, modelo GGL-3, instalada no Laboratório de Automação e Controle de Processos de Alimentos (LACPA) da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA) da Unicamp, Campinas-SP. O equipamento é composto por um tanque reservatório de gelo líquido, dois raspadores horizontais em série, e uma unidade condensadora da marca Bitzer, modelo, LH 144/4DC-7.2, composta por um motor, compressor e um condensador.

O ponto de congelamento do gelo líquido depende muito do aditivo anticongelante utilizado (álcool, propileno glicol e sal) e da concentração utilizada. Nesse trabalho o aditivo usado na formação do gelo líquido foi o álcool etílico, com concentração de 3,65°INPM. Esse aditivo foi escolhido devido ao seu baixo custo, quando comparado com outros tipos de álcoois e por não gerar corrosão nos equipamentos, como acontece quando se usa sais.

O ponto de congelamento para a solução água e álcool etílico, foi determinado experimentalmente analisando a variação de temperatura de diferentes concentrações, conforme demonstrado na Fig.2, nessa análise o ponto inicial de congelamento na concentração de 3,65°INPM é de -1,7°C. Observe que o supercongelamento da solução água-etanol ocorre antes da formação das primeiras partículas de gelo, em temperaturas até 3°C abaixo da temperatura de congelamento.

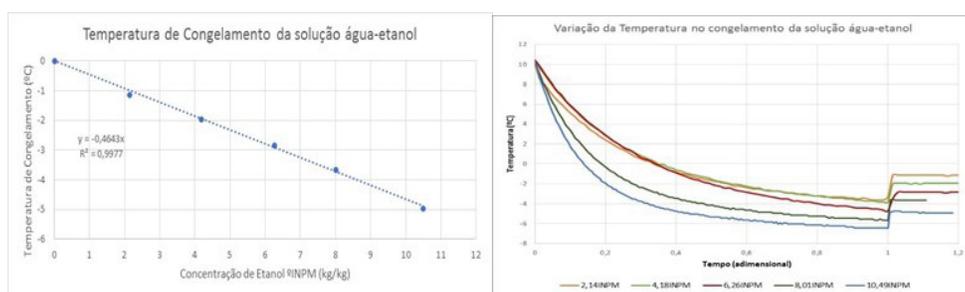


Figura 2. Gráfico de dispersão da temperatura de congelamento da solução água-etanol versus concentração de etanol (a esquerda), e gráfico de variação da temperatura no congelamento de soluções água-etanol com diferentes concentrações (a direita).

As partículas de gelo no gelo líquido são constituídas de água pura enquanto que a fase líquida é composta por água e aditivo. A medida que a o gelo é formado, a

concentração de cristais de gelo aumenta e conseqüentemente a quantidade de aditivo também é aumentada na fase líquida remanescente, denominada também como fluido transportador.

Segundo Hansen e Kauffeld (2001) a concentração do aditivo (X_{af}) na fase líquida remanescente pode ser calculada pela Eq.1, onde (X_{0af}) é a concentração inicial de aditivo na solução de gelo líquido sem gelo e (X_{ice}) é a concentração de cristais de gelo.

$$X_{af} = \frac{X_{0af}}{1 - X_{ice}} \quad (1)$$

Durante a produção do gelo líquido a concentração de cristais de gelo é uma variável de processo não controlada, podendo variar com o tempo de funcionamento do equipamento, quanto mais tempo o gelo líquido recircular nos raspadores, maior será a concentração de cristais de gelo.

A produção do gelo líquido nesse trabalho foi limitada a uma concentração menor que 30% de cristais de gelo, pois concentrações muito altas de cristais de gelo torna o transporte não recomendado, devido a aglomeração e obstrução nas curvas das tubulações.

A determinação da concentração de cristais de gelo na solução de gelo líquido foi determinada pelo método de calorimetria, através do cálculo do balanço de energia, do equilíbrio térmico entre a solução de gelo líquido misturada a uma mesma solução aquecida. A concentração de cristais de gelo (X_{GL}) é determinada pela equação Eq.2.

$$X_{GL} \cdot M_{GL} \cdot h_G + M_{GL} \cdot Cp_{GL} \cdot (T_f - T_{GL}) = M_{SQ} \cdot Cp_{SQ} \cdot (T_f - T_{SQ}) + C_{garrafa} \cdot (T_f - T_{SQ}) \quad (2)$$

onde, X_{GL} : Fração mássica de cristais de gelo, M_{GL} : Massa total da solução do gelo líquido, M_{SQ} : Massa total da solução quente, h_G : Calor latente do gelo, Cp_{GL} : Calor específico da solução água e álcool, Cp_{SQ} : Calor específico da solução quente, $C_{garrafa}$: Capacidade térmica da garrafa, T_{GL} : Temperatura do gelo líquido, T_{SQ} : Temperatura final da solução quente, e T_f : Temperatura final de equilíbrio.

6 | CARACTERIZAÇÃO DOS SENSORES

A área de instrumentação e controle de processos utiliza uma terminologia própria, que além de definirem as características do sistema de medição e controle também definem as características estáticas e dinâmicas dos diversos instrumentos utilizados (INSTRUMENTAÇÃO, 2011).

Nesse trabalho as características dos instrumentos de medição, analisadas para a leitura de concentração foram: a repetibilidade, sensibilidade, precisão, linearidade, alcance e a resolução.

A repetibilidade é a capacidade de reprodução da indicação ao se medir, repetidamente, valores idênticos da variável medida, nas mesmas condições de operação e no mesmo sentido de variação (INSTRUMENTAÇÃO, 2011).

A sensibilidade (ou ganho) é a razão entre o sinal de saída e de entrada para um dado sensor ou transdutor. A sensibilidade está ligada à relação entre uma variação na grandeza de entrada (ΔS) em questão e a variação na medida de saída fornecida pelo instrumento (ΔE). Um sensor muito sensível é aquele que fornece uma variação na saída para uma pequena variação da grandeza medida (THOMAZINI, 2011). A sensibilidade (S) pode ser retirada da curva de calibração, por meio da Eq.3.

$$S = \frac{\Delta S}{\Delta E} \quad (3)$$

A precisão é a qualidade que caracteriza a capacidade de um instrumento de medição fornecer a mesma leitura quando mede respectivamente a mesma quantidade sob as mesmas condições, não importando a concordância ou a discrepância entre o resultado e o valor medido. Segundo Ordonez (2006) o percentual da precisão (p) pode ser calculada pela Eq.4 a Eq.8.

$$p(\%) = 100\% - PE(\%) \quad (4)$$

$$PE(\%) = \left(\frac{PE}{\bar{X}} \right) \quad (5)$$

$$PE = 2dp \quad (6)$$

$$dp = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^2}{n}} \quad (7)$$

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad (8)$$

Onde o provável erro (PE) corresponde ao dobro do desvio padrão (dp), e este é calculado através da média aritmética (\bar{X}) e do total de número (n) de medidas (x).

A linearidade é a curva obtida ao plotar os valores medidos por um transdutor sob teste contra os valores de um padrão. O sensor ou transdutor é linear quando as medidas de variações iguais de grandeza física geram variações iguais de sinal na saída do sensor.

O alcance representa a faixa de valores de entrada de um transdutor. É a diferença algébrica entre os valores superior e inferior da faixa de medida do instrumento (INSTRUMENTAÇÃO, 2011).

De acordo com Ordonez (2006) a resolução é a variação mínima na entrada que produz uma variação detectável na saída.

7 | RESULTADOS

Os resultados das leituras de condutividade elétrica na solução modelo, apresentaram valores de condutividade diretamente proporcionais com relação ao aumento de concentrações de microesferas, com curva de tendência linear, conforme pode ser visto na Fig. 3, e cálculo de erro provável máximo de 1% do valor medido.

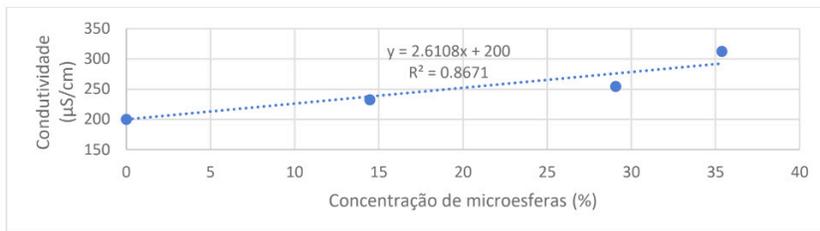


Figura 3. Gráfico de dispersão da Condutividade elétrica na Solução Modelo em diferentes concentrações de microesferas, com Curva de Tendência Linear e sua respectiva equação de regressão.

Os resultados das leituras de velocidade do som da solução modelo, apresentaram valores de condutividade proporcionais com relação ao aumento de concentrações de microesferas, com curva de tendência polinomial de 2º grau, conforme pode ser visto na Fig. 4, e cálculo de erro provável máximo de 0,2% do valor medido. O equipamento de leitura da velocidade do som do fluido apresentou restrições técnicas de leitura acima de 8% de concentração, pois a partir desse ponto o sensor do ultrassom exibiu uma baixa qualidade do sinal, inviabilizando a leitura.

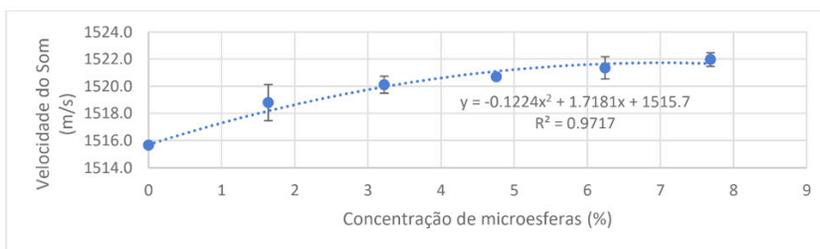


Figura 4. Gráfico de dispersão da Velocidade do som na Solução Modelo em diferentes concentrações de microesferas, com Curva de Tendência Polinomial e sua respectiva equação de regressão.

Dentre as condições analisadas, e diante os modelos matemático obtido pelas a equações de regressão em cada equipamento de leitura, foi possível determinar as características dos sensores, de ultrassom e de condutividade, para a leitura de concentração de microesferas na solução modelo, conforme Tab.1.

	Condutímetro	Ultrassom
Sensibilidade	2,61 condutividade/ concentração	0,86 velocidade do som/concentração
Faixa de leitura	0 a 35% concentração microesfera	0 a 7% concentração microesfera
Alcance	35% concentração microesfera	7% concentração microesfera
Precisão	98,93% (valor medido)	99,84% (valor medido)
Resolução	0,4% concentração microesfera	0,03% concentração microesfera
Linearidade	Linear	Não linear
Repetibilidade	Ruim	Boa

Tabela 1. Características dos instrumentos de medição, utilizado na leitura de concentração de

Embora a leitura da concentração de microesferas, pelo método do ultrassom, esteja limitada a 7%, este método foi o que apresentou uma maior precisão e melhor resolução na leitura de concentração.

Usando o modelo de regressão, estimado nas Fig.3 e Fig.4, foi possível construir o gráfico de resíduo versus concentração de microesferas da Fig.5. A análise comparativa entre esses dois gráficos demonstra que o método do ultrassom possui os menores índices de resíduo, com valor máximo de 0,97 e média de 0,46. Enquanto que pelo método do condutímetro o valor máximo de resíduo foi de 8,26 e média de 4,5.

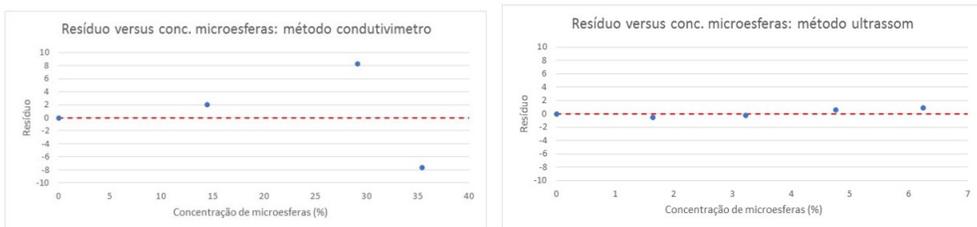


Figura 5. Gráfico de resíduo do modelo de regressão versus valores ajustado pelas respectivas equações de regressão criada pela leitura de condutividade (gráfico da esquerda) e velocidade do som (gráfico da direita).

Com experimentos realizados em bancada, identificamos que os sensores possuíam uma sensibilidade necessária para a leitura da variação de particulados, em concentrações até 10% com ultrassom e até 35% com o condutímetro, na solução modelo. Considerando que a solução modelo possui uma viscosidade e densidade maior que a solução de gelo líquido, e considerando que a concentração de cristais de gelo na solução de gelo líquido é limitada a 30%, os resultados com a solução modelo demonstraram que os sensores utilizados são úteis na medição de concentração do gelo líquido.

Os experimentos realizados com gelo líquido pela primeira metodologia, com presença de particulados de cristais de gelo, não obteve resultados satisfatórios. A

solução de gelo líquido em repouso tende a concentrar a fase sólida, os cristais de gelo, na superfície da solução inviabilizando a leitura de concentração por meio dos sensores, e quando a solução era submetida a uma agitação, para homogeneizar as duas fases, gerava interferências e oscilações nas leituras que tornava os erros e imprecisões muito acima do aceitável.

Os experimentos realizados na segunda metodologia tiveram como objetivo a leitura indireta da concentração de gelo por meio da concentração do aditivo anticongelante no fluido transportador. As medições foram feitas com o ultrassom, o condutímetro e o refratômetro. Os valores das medidas (M) apresentados nos gráficos adiante estão em percentual de medida relativa (M_{REL}), sendo a referência (M_{REF}) a medida da solução de gelo líquido sem cristais de gelo, conforme Eq. 9.

$$M_{REL}(\%) = \left(\frac{M - M_{REF}}{M_{REF}} \right) \cdot 100 \quad (9)$$

Os resultados das leituras de condutividade elétrica no fluido transportador da solução do gelo líquido, apresentaram valores de condutividade relativa diretamente proporcionais com relação ao aumento de concentrações de cristais de gelo, com curva de tendência linear, conforme pode ser visto na Fig. 6, e cálculo de erro provável máximo de 12,8% do valor medido. O erro máximo no cálculo da concentração de gelo foi de 1%.

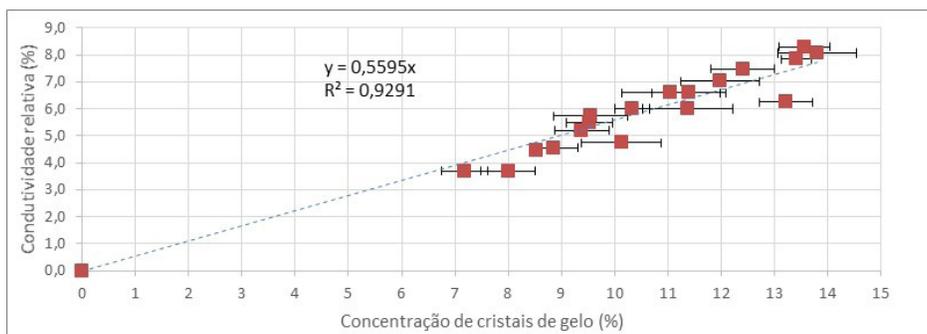


Figura 6. Gráfico de dispersão da Condutividade elétrica relativa em Solução de Gelo líquido, com Curva de Tendência Linear e sua respectiva equação de regressão.

Os resultados das leituras da velocidade do som do fluido transportador da solução do gelo líquido, apresentaram valores de velocidade relativa diretamente proporcionais com relação ao aumento de concentrações de cristais de gelo, com curva de tendência linear, conforme pode ser visto na Fig. 7, e cálculo de erro provável máximo de 75,7% do valor medido. O erro máximo no cálculo da concentração de gelo foi de 1%.

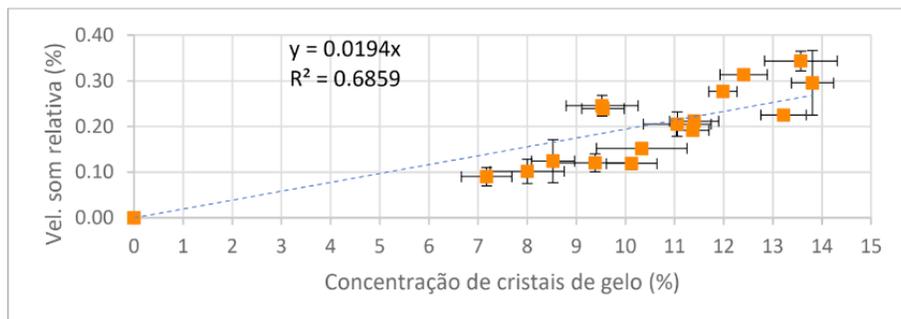


Figura 7. Gráfico de dispersão da velocidade do som relativo em Solução de Gelo líquido, com Curva de Tendência Linear e sua respectiva equação de regressão.

Os experimentos realizados com o refratômetro, para a leitura de grau Brix do fluido transportador da solução de gelo líquido, não gerou resultados satisfatórios, visto que para essa concentração de aditivo utilizada na solução de gelo líquido, a variação de aditivo no fluido portador não foi detectada pelo equipamento, cuja resolução de leitura é 0,5°Brix.

Dentre as condições analisadas, e diante os modelos matemático obtido pelas a equações de regressão em cada equipamento de leitura, foi possível determinar as características dos sensores, de ultrassom e de condutividade, para a leitura de concentração de cristais de gelo na solução de gelo líquido conforme Tab.2.

	Condutímetro	Ultrassom
Sensibilidade	0,56 condutividade relativa/ concentração de gelo	0,02 velocidade do som relativa/ concentração de gelo
Faixa de leitura	7 a 14% concentração de gelo	7 a 14% concentração de gelo
Alcance	7% concentração de gelo	7% concentração de gelo
Precisão	87,17% (valor medido)	24,27% (valor medido)
Resolução	1,8% concentração de gelo	5,0% concentração de gelo
Linearidade	Linear	Linear
Repetibilidade	Boa	Boa

Tabela 2. Características dos instrumentos de medição, utilizado na leitura de concentração de cristais de gelo.

A leitura da concentração de cristais de gelo foi realizada entre a faixa de 7 a 14% podendo também ser aplicado a concentrações menores. Ambos os métodos demonstraram um modelo matemático linear com boa repetibilidade. O método do condutímetro foi o que apresentou maior sensibilidade às variações de concentração, maior precisão e melhor resolução.

Usando o modelo de regressão, estimado nas Fig.6 e Fig.7, foi possível construir o

gráfico de resíduo versus concentração de cristais de gelo na Fig.8. A análise comparativa entre esses dois gráficos demonstra que o método do condutivímetro possui os menores índices de resíduo, com valor máximo de 2,06 e média de 0,75. Enquanto que pelo método do ultrassom o valor máximo de resíduo foi de 4,13 e média de 2,28.

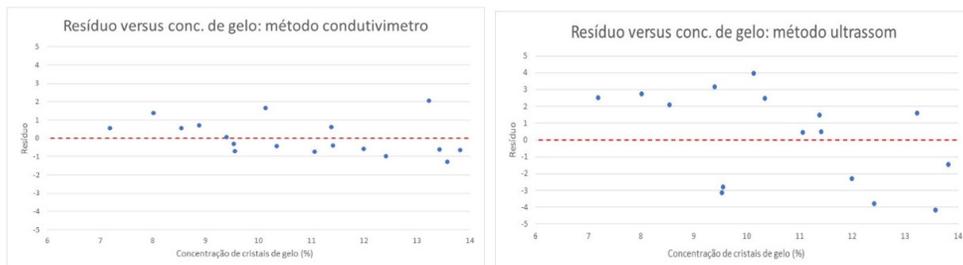


Figura 5. Gráfico de resíduo do modelo de regressão versus valores ajustado pelas respectivas equações de regressão criada pela leitura de condutividade (gráfico da esquerda) e velocidade do som (gráfico da direita).

8 | CONCLUSÃO

Os resultados experimentais obtidos no presente trabalho permitiram as seguintes conclusões:

Apesar da medição da concentração de microesferas por ultrassom ter apresentado bons resultados, a leitura por condutividade demonstrou não ter restrições na leitura de altas concentrações de microesferas, com características lineares e melhor sensibilidade da leitura do equipamento por concentração de microesferas.

As medições de concentração de cristais de gelo em repouso não apresentam bons resultados, a melhor maneira de realizar as análises é fazendo a medição indireta.

Para pequenas variações na concentração de aditivo no fluido portador, o refratômetro não foi capaz de detectá-las, tornando-se um método de medição inviável para essas concentrações.

Em busca de uma medição mais precisa da concentração de cristais de gelo na solução, o condutivímetro mostrou-se capaz de identificar variações menores, 1,8% contra 5% do ultrassom.

REFERÊNCIAS

BELLAS, I.; TASSOU, S. A. Present and future applications of ice slurries. **International Journal of Refrigeration**, 2005. v. 28, p. 115–121.

HANSEN, T. M.; KAUFFELD, M. Measuring principles for the determination of ice concentration in ice slurry. **ASHRAE Transactions**, 2001. v. 107 PART 2, p. 336–345.

INSTRUMENTAÇÃO industrial. Organização de Egídio Alberto Bega. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Interciência.2011. 668 p., il. ISBN 9788571932456 (broch.).

KAUFFELD, M. *et al.* Ice slurry applications. **International Journal of Refrigeration**, 1 dez. 2010. v. 33, n. 8, p. 1491–1505. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140700710001647?via%3Dihub>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

LANGLOIS, V. *et al.* Ultrasonic determination of the particle concentration in model suspensions and ice slurry. **International Journal of Refrigeration**, 2011. v. 34, n. 8, p. 1972–1979. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014070071100154X#>> . Acesso em: 4 jun. 2017

MEDEIROS, P. S. G.; BARBOSA, C. R. F.; FONTES, F. De A. O. Fluidos secundários bifásicos: a inserção da pasta de gelo como fluido termoacumulador em sistemas de refrigeração. **Mercofrio 2010 - Congresso de Climatização e Refrigeração**, 2010.

ORDONEZ, E. D. M.; PENTEADO, C. G.; SILVA, A. C. R. **Microcontroladores e FPGAs - Aplicações em Automação**. 1. ed. São Paulo, SP: Novatec, 2006..

PFLOW. **Ultrasonic Flowmeter Instruction Manual. Model: P118**. 2. Ed, 2014.

THOMAZINI, D. **Sensores industriais: fundamentos e aplicações**. Coautoria de Pedro U. B. de Albuquerque. 8. ed. rev. e atual. São Paulo, SP: Érica, 2011.

TICONA, E. M. **Determinação experimental do coeficiente de troca de calor em um gerador de pasta de gelo**. Rio de Janeiro, RJ: Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Mecânica, 2003. Disponível em: <http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=3765@1>. Acesso em: 18 abr. 2017.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aerodesign 1, 2, 3, 9

Aeronave 10, 11, 12, 14, 16

Análise CFD 1

Articulação 1, 168

C

Construção sustentável 103

D

Degradação 36, 103, 126, 132, 133, 135, 136, 137, 143, 144, 145, 149, 150, 175, 243

Direito ao saneamento básico 124, 125, 126, 128, 129, 130

Dosagem físico-química 151, 152, 154, 155, 159, 160, 161, 162, 163, 164

Drywall 87, 88, 89, 100

E

Eficiência energética 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 173

Energia solar fotovoltaica 63, 64, 174, 180

Energias renováveis 63, 73, 165, 166, 167, 169, 170, 171, 173

Estabilidade 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 35, 36, 78, 79, 81, 152, 186

Estabilização 78, 84, 86, 87, 88, 94, 96, 97, 100, 101, 152, 159, 160, 161, 162, 163, 199, 205

F

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

G

Geossintéticos 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86

Geotecnia 17, 75, 76, 82, 84

Gesso 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 105

Gestão 35, 44, 103, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 172, 259

H

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

L

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

Logística ferroviária 49

M

Melhoramento de solos 75

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

P

Passagem em jornada 49, 51

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

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

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

R

Resíduo de construção civil 151, 154

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

Resíduos plásticos 102, 103, 104, 105, 106

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

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

S

Saneamento básico em São Desidério 124

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

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

Simulação numérica 1, 240

Sistemas autônomos puros CC 63

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

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

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

T

Transporte hidroviário 32

V

Volume de cargas 49

X

XFLR5 10, 11, 12, 16

Engenharias:

Da Genialidade à Profissão e
seu Desenvolvimento



www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021

Engenharias:

Da Genialidade à Profissão e
seu Desenvolvimento



www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021