



As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

**Atena**
Editora
Ano 2021



As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

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

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

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

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

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
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. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Livia 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

Vinício 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

USO DO SISTEMA DX (EXPANSÃO DIRETA) PARA SISTEMAS GEOTÉRMICOS EM CURITIBA

Data de aceite: 01/02/2021

Alexandre Fernandes Santos

Universidade Beira Interior
Covilhã, Portugal
<https://orcid.org/0000-0001-5306-6968>

Paulo Henrique Colombo

Engenheiro Industrial Mecânico graduado na
UTFPR
Curitiba, Paraná, Brasil

Heraldo José Lopes de Souza

Faculdade Profissional – FAPRO
Curitiba - Paraná
<https://orcid.org/0000-0002-8471-7804>

Fabio Francisco Ferreira

Faculdade Profissional – FAPRO
Curitiba - Paraná

RESUMO: O projeto tem como finalidade aquecer a água de um reservatório utilizando a geotermia para tornar mais econômico. A configuração do trocador de calor foi Expansão Direta (DX) e sistema helicoidal. Essa escolha foi determinada por se ter um espaço reduzido para instalação do Ground Source e pela simplificação dos materiais necessários para funcionamento. Essa Expansão Direta garantiu que a troca térmica com o solo seria maior possível, pois o trocador de calor é de cobre que possui boa condutividade térmica. Outra característica desse sistema é que uma bomba para movimentar o fluido se torna desnecessário pois essa função

é desempenhada pelo compressor. Com os resultados das temperaturas iniciais e finais, junto com a quantidade de água e o intervalo de tempo, definiu-se a perda de energia no reservatório de água. O COP médio alcançado, chegou no valor de 3,16 W/W, que representa 93,5% do valor de catálogo do compressor.

PALAVRAS-CHAVE: Bomba de calor. Ground Source. Trocador de calor.

USE OF THE DX SYSTEM (DIRECT EXPANSION) FOR GEOTHERMAL SYSTEMS IN CURITIBA

ABSTRACT: The project aims to heat the water of a reservoir using geothermal to make it more economical. The configuration of the heat exchanger was Direct Expansion (DX) and helical system. This choice was determined by having a reduced space for installing the Ground Source and simplifying the materials needed for operation. This Direct Expansion ensured that the thermal exchange with the soil would be greater because the heat exchanger is copper with good thermal conductivity. Another feature of this system is that a pump to move the fluid becomes unnecessary because the compressor performs this function. With the results of the initial and final temperatures, together with the amount of water and the time interval, the loss of energy in the water reservoir was defined. The average COP reached, reached 3.16 W/W, which represents 93.5% of the compressor's catalog value.

KEYWORDS: Heat pump. Ground Source. Heat exchanger.

1 | INTRODUÇÃO

O aquecimento de água é importante para as mais diversas finalidades e esse aquecimento costuma gerar grandes gastos energéticos. Gastos estes que podem ser reduzidos com a utilização do Ground Source, onde utiliza o subsolo como permutador de calor, assim o subsolo pode absorver ou ceder temperatura para o sistema de climatização de acordo com a finalidade do projeto instalado, o consumo dessa água quente no nosso dia-a-dia é muito significativo e para que se torne mais acessível financeiramente incorporado ao processo de aquecimento a tecnologia do Ground Source.

A água aquecida pode ser utilizada nos banheiros, nas piscinas, nas lavanderias e nas cozinhas, bem como é utilizada a água quente em determinadas etapas industriais, laboratórios, hospitais, hotéis e para tantas outras finalidades. No aquecimento de água que será estudado e implementado um sistema que consiste em retirar calor do solo para aquecer a água do reservatório até a temperatura de 45°C, com a finalidade tanto domésticos, industriais e outros. A ideia do trabalho é apresentar os dados em campo de aplicação de bombas de calor a partir do Ground Source para as condições da cidade de Curitiba, numa profundidade de 2,1 metros abaixo do nível da superfície.

A figura 1 abaixo representa o sistema de aquecimento no qual o fluido refrigerante que circula dentro do compressor também circula no evaporador instalado diretamente no subsolo (representado pela tubulação azul) e circula por dentro do condensador instalado reservatório de água (representado pelo boiler branco).

A este sistema de Ground Source cujo o próprio fluido refrigerante intercambia calor com a terra, é chamado de Direct Expansion ou simplesmente DX. A outra forma de Ground Source é a indireta no qual é necessário ter mais duas tubulações de água onde uma dessas tubulações faz a troca térmica com o solo e a outra tubulação faz troca térmica com o reservatório, e ambas as tubulações de água fazem troca térmica com o fluido refrigerante do compressor através de trocadores de calor.

A implementação do Direct Expansion Ground Source (GSDX) está representada na foto 1.

Essa tecnologia de Ground Source (DX) é utilizado em países desenvolvidos a mais de 50 anos, mas nacionalizar toda a técnica mostrou-se um desafio. Foi necessário adaptar o sistema para a características de solos e climáticas brasileira (especificamente de Curitiba).

Os equipamentos empregados no protótipo, são todos nacionais o qual necessitou remodelamento do sistema. Esse remodelamento também foi necessário devido as características dos equipamentos nacionais disponíveis para a movimentação do solo.

Com essa tecnologia Ground Source (DX) é possível obter alto rendimento no aquecimento de água em todas as estações do ano, pois o sistema não é dependente da temperatura do ar o qual prejudica o rendimento de bombas de calor tradicionais que tem o

rendimento reduzido ao trocar a temperatura do evaporador com o ar frio do inverno.

No decorrer do trabalho serão apresentados os resultados obtidos das experiências Ground Source, com intuito de obter COP superior as tecnologias tradicionais existentes, e onde serão demonstrados gráficos de COP com relação tempo/temperaturas (Geotérmicas, Evaporação e Condensação).

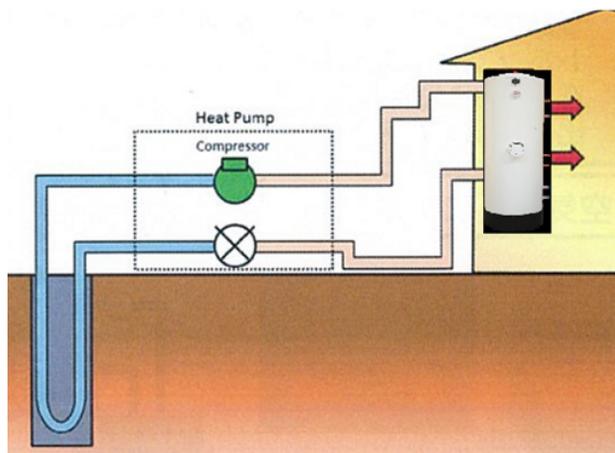


Figura 1 – Esquema Ground Source (DX).



Foto 1 – Implementação do Ground Source (DX)

2 | PROTÓTIPO

O protótipo foi montado tendo como finalidade aquecer a água de um reservatório

utilizando a geotermia para tornar econômico. A configuração do trocador de calor foi Expansão Direta (DX) e sistema helicoidal. Essa escolha foi determinada por se ter um espaço reduzido para instalação do Ground Source e pela simplificação dos materiais necessários para funcionamento.

Essa Expansão Direta garantiu que a troca térmica com o solo seria maior possível, pois o trocador de calor é de cobre que possui boa condutividade térmica. Outra característica desse sistema é que uma bomba para movimentar o fluido se torna desnecessário pois essa função é desempenhada pelo compressor.

O sistema Helicoidal adotado garantiu uma boa troca térmica em perfurações rasas com custos e tempo de instalação reduzidos.



Foto 2 – Primeiros passos da montagem do protótipo.

Na foto acima é possível ver os alguns dos materiais da montagem do protótipo. Usando um perfurador a gasolina, foto foi possível fazer as perfurações de 2,10 metros de profundidade por 20 centímetros de diâmetro.

O reservatório de água é uma caixa d'água da Tigre de 310 Litros. Foi utilizado uma válvula de expansão Danfoss TEN2 R134a com orifício de 1.

Para preenchimento das perfurações foi utilizado Areia com 99% de SiO_2 (Dióxido de Silício) onde se obtém condutividade elétrica 2,82 W/mK contra 0,7 W/mK do solo.

A utilização da areia tem a função de conduzir a temperatura do evaporador mais rapidamente para solo e assim melhorar a troca térmica do Ground Source.

Para melhorar a compactação da areia e assim garantir a melhor troca térmica, a areia foi colocada nas perfurações com adição simultânea de água.



Foto 3 – Linhas

A linha de sucção foi isolada termicamente para garantir que a temperatura obtida pelo refrigerante na troca térmica com o subsolo não sofresse influência da temperatura ambiente. Já a linha de líquido não foi isolada para trocar a temperatura extremamente baixa do refrigerante com o solo.

Para garantir fluxo igual em todas as ramificações dos evaporadores o circuito do refrigerante foi montado de tal forma que a ramificação que tem a menor distância para receber o refrigerante tem a maior distância para retornar o refrigerante e vice versa.

Os evaporadores foram concebidos para ter a maioria da troca térmica na profundidade maior, conforme pode ser visto abaixo.



Foto 4 – Trocador de calor do evaporador



Foto 5 - Perfuração

Para proteger a tubulação de cobre do ambiente corrosivo que é o solo foi utilizado proteção catódica. Ela é uma técnica para proteção contra corrosão de instalações metálicas enterradas ou submersas. Essa proteção faz com que uma diferença de potencial se estabeleça entre o material que se deseja proteger e o material que será usado para sacrifício. Também é utilizada para proteção de ferragens de reforço de estruturas de concreto (IEC engenharia, 2020).

A diferença de potencial faz com que apenas o material de sacrifício seja corroído sendo chamado anodo de sacrifício, e esse deverá ser trocado periodicamente. O evaporador de cobre que é o material a ser protegido se torna o catodo. A circulação de corrente modifica o potencial do aço em relação ao eletrólito, eliminando a corrosão.

Existem dois métodos para a aplicação dos sistemas de proteção catódica.

1. Sistema galvânico, que utiliza anodos galvânicos ou de sacrifício de ligas especiais de Magnésio, Zinco ou Alumínio.
2. Sistema por corrente impressa.

Esse sistema utiliza uma fonte externa de corrente (retificadores de proteção catódica) e anodos inertes especiais.

Os anodos mais utilizados são os de Ferro, Silício, Cromo e os de Titânio.

Os sistemas por corrente impressa são muito utilizados para a proteção de instalações submersas, obras de concreto e grandes tubulações enterradas.

A escolha de um sistema ou outro depende de vários fatores técnicos e econômico.

O anodo de sacrifício utilizado neste estudo, foi a Barra de Magnésio.



Foto 6 – Barra de Magnésio

3 | MEDIÇÕES

Para facilitar as medições foi instalado dois termômetros na mesma perfuração do solo, para a instalação dos tubos dos evaporadores. Um destes termômetros, está a 20cm de profundidade (Solo humus ou orgânico), onde irá medir a temperatura próxima da externa e o outro a 2,10 metros de profundidade (Solo superior), temperatura do subsolo. A vantagem que a esta profundidade não tem influência direta do clima.

Também foi instalado outro par de termômetros nas mesmas profundidades do primeiro par, porém a 1 metro de distância do centro desse evaporador. Assim é possível acompanhar a influência do evaporador no solo ao redor.

O equipamento de medição utilizado, é portátil que monitora e indica em 5 pontos distintos, chamado Penta III da Full Gauge. Os sensores deste equipamento foram responsáveis na medição da Temperatura da água no reservatório, Temperatura de sucção, Temperatura de descarga, Temperatura na linha de líquido e Temperatura ambiente.

Também foi utilizado um amperímetro para acompanhar as medições de corrente fornecida ao compressor.

As temperaturas de Condensação e Evaporação foram fornecidas no display do Manifold Digital.

Para o cálculo da eficiência do sistema foi considerado também as perdas devido ao baixo grau de isolamento do reservatório de água.

Para o cálculo dessa perda foi desligado a bomba de calor quando a água se

encontrava a 44,7°C e depois de uma hora essa água se apresentava a 43,4°C. Multiplicando o volume do reservatório (300 litros) com a diferença da temperatura inicial e final da água e multiplicando por 0,86 para converter de calorias para watts obteve-se o valor de perda de energia do reservatório de 335,4 W.

Dentro deste reservatório de água, foi instalado o condensador em forma de serpentina com 26 metros de comprimento linear com tubo ¼" de cobre.

O evaporador conta com tubo de cobre de 3/8" na linha de líquido e ½" na linha de sucção e conta com 36 metros de comprimento total fazendo troca térmica com o solo.



Foto 7 - Sistema

O compressor utilizado foi o modelo AE4450Y-ESB1 da Tecumseh que tem COP declarado de 2,38 W/W para Temperatura de Evaporação 7,2 °C e Temperatura de Condensação de 54 °C, com Temperatura ambiente de 35 °C. Sendo que o objetivo do experimento é o aquecimento e não o resfriamento o COP considerado padrão é 3,38 W/W.

Os resultados obtidos com o protótipo obtiveram COP de aquecimento 2,50 e 4,47 W/W ao logo das variações de temperatura. E obtivesse o COP médio de 3,16 W/W.

Esse valor médio ficou abaixo do esperado, porém em determinadas condições o experimento obteve rendimento acima do previsto na tabela do fabricante.

A tabela a seguir mostra os resultados obtidos com o protótipo.

AE4450y-EsB1+A1:W20

HORÁRIOS	Sigla	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00	10:10	10:20	10:30	10:40	10:50	11:00	11:10	11:20	11:30	11:40	11:50	12:00	13:00	15:42	16:42
TEMP. DA ÁGUA	S1	26,4	27,3	28	29,2	30,2	31,6	32,4	33,4	34,4	35,4	36,7	37,7	38,6	39,7	40,6	41,8	42,7	43,5	48,3	44,7	43,4
SUCÇÃO	S2	25,1	20	16,1	14,8	14,8	15,8	16,4	15,2	13,6	13	12,6	12,3	12,5	9,3	9,4	9,7	9	9,7	11,3		
DESCARGA	S3	25,9	64,5	70	74,4	76,6	81	82	82	81,4	80,6	81,3	81,5	82	76,7	75	74,4	72,5	73,1	75,7		
LINHA DE LÍQUIDO	S4	26,2	27,6	28,8	29,8	30,8	33,5	34,2	35	36,9	37,2	38,4	39,1	40,1	41,4	41,7	42,6	42,8	43,6	47,8		
TEMP. AMBIENTE	S5	25,2	25,5	26,1	27,7	27,7	28,9	33,4	33,4	37,6	34,4	36,7	36	37	40,1	39,5	38,5	36,4	37	41,8	31,8	32,1
Fundo evaporador	D1	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,3	25,4	25,5	25,5	25,5	25,5	25,4	25,4	25,3	25,2	25,1	25,1	25,1	24,8	Pperda	335,4
FUNDO CONTROLE	D2	25,3	25,3	25,3	25,4	25,4	25,4	25,5	25,5	25,6	25,7	25,7	25,7	25,8	25,8	25,8	25,8	25,8	25,8	25,8		
RASO EVAPORADOR	D3	25,8	25,9	25,9	25,9	25,9	26	26,1	26,1	26,1	26,1	26	25,8	25,5	25,3	25,1	25	24,8	24,8	24,2	Cálculo da perda de energia na caixa d'água	
RASO CONTROLE	D4	26	26	26	26,1	26,1	26,1	26,2	26,2	26,3	26,3	26,3	26,3	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,5		
TEMP. EVAPORAÇÃO	TE	17,6	-0,5	-0,8	-0,9	-0,9	-0,8	-0,6	0,6	2,5	2,8	3,1	3,2	3,4	3,8	4	4,2	4,4	4,6	5,9		
TEMP. CONDENSADORA	TC	17,6	38,9	39,3	40	40,6	41,5	42,2	43,6	45,3	46,1	47	47,9	48,6	49,9	50,8	51,5	52,2	52,9	56,9		
CORRENTE	Cor	3,36	3,34	3,32	3,3	3,31	3,32	3,34	3,38	3,53	3,53	3,53	3,55	3,6	3,6	3,6	3,6	3,65	3,65	3,65		
SUPERAQUECIMENTO	Sup	7,5	20,5	16,9	15,7	15,7	16,6	17	14,6	11,1	10,2	9,5	9,1	9,1	5,5	5,4	5,5	4,6	5,1	5,4		
SUBRESFRIAMENTO	Sub	-8,6	11,3	10,5	10,2	9,8	8	8	8,6	8,4	8,9	8,6	8,8	8,5	8,5	9,1	8,9	9,4	9,3	9,1		
POTÊNCIA DE ENTRADA	Win	739,2	734,8	730,4	726	728,2	730,4	734,8	743,6	776,6	776,6	776,6	781	792	792	792	792	803	803	803		
POTÊNCIA TRANSFERÊNCIA + Pperdas	Wout		2219,12	1800,52	2847,02	2428,42	3265,63	2009,82	2428,42	2428,42	2428,42	3056,33	2428,42	2219,12	2697,73	2219,12	2847,02	2219,12	2009,82	2009,82		
COEFICIENTE DE PERFORMANCE	COP		3,02	2,46	3,92	3,33	4,47	2,73	3,27	3,13	3,13	3,94	3,11	2,81	3,33	2,8	3,59	2,76	2,51	2,51	Média= 3,156	

Tabela 1 – Resultados obtidos

A tabela foi elaborada a partir das medições realizadas nos diversos pontos da bomba de calor geotérmica. Na parte esquerda dessa tabela existe a nomenclatura do local onde foi feita a medição e a respectiva abreviação, sendo que os valores apresentados foram obtidos de 5 formas distintas.

A primeira captação de dados foi feita com o equipamento Fullgauge Pentax III, esse equipamento determinou os valores de: Temperatura da água, sucção, descarga, linha de líquido e temperatura ambiente.

A segunda captação de dados foi feita com o equipamento Termômetro Digital. Esse equipamento determinou os valores de:

- Fundo Evaporador;
- Fundo Controle;

- Raso Evaporador;
- Raso Controle.

A terceira captação de dados foi feita com o Manifold Digital. Esse equipamento determinou os valores de:

- Temperatura de Evaporação;
- Temperatura de Condensação.

A quarta captação de dados foi feita com o Multímetro Digital. Esse equipamento determinou os valores de Corrente.

A quinta captação de dados foi feita por cálculo dos valores obtidos nas captações anteriormente descrita. Esse cálculo determinou os valores de: Superaquecimento, Sub-resfriamento, Potência de Entrada, Potência Transferida + Pperdas e Coeficiente de Performance.

Para determinar a perda de energia gerada pelo reservatório de água, utilizou-se os valores obtidos pelo sensor Temperatura da água do Pentax III e a medição do intervalo de tempo de 1 hora.

Com base nas temperaturas iniciais e finais juntamente com a quantidade de água e o intervalo de tempo foi possível definir a perda de energia no reservatório de água. A média dos COP obtida neste experimento tem o valor de 3,16 W/W que é muito próximo do valor de catálogo do compressor que é de 3,38 W/W, que é 93,5 % deste valor de manual.

De acordo com o catálogo o COP desse compressor é 2,38 W/W tendo a temperatura de evaporação de 7,2 °C e a temperatura de condensação de 54 °C dentre outras características do laboratório do fabricante obtidas no momento da determinação do rendimento padrão. O COP declarado pelo fabricante é o COP de refrigeração, no nosso caso é considerado o COP de aquecimento. Esse COP de aquecimento é obtido acrescentado uma unidade ao COP de refrigeração, assim o COP de aquecimento padrão do compressor determinado pela fábrica é $2,38+1= 3,38$ W/W, bastante próximo do 3,16 W/W obtido pelo protótipo geotérmico em ambiente externo não controlado.

O gráfico que acompanha a tabela exemplifica os valores de COP obtidos pelo protótipo e nele é possível visualizar a performance de acordo com a variação da temperatura da água do reservatório.

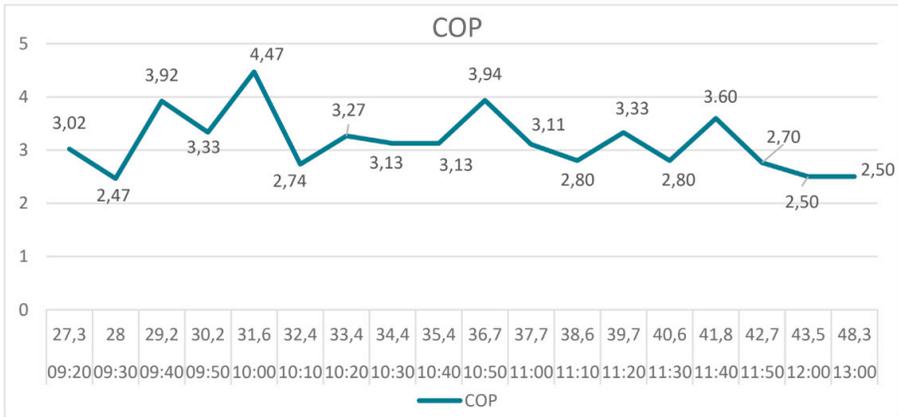


GRÁFICO 1 – COP Obtidos

4 | CONCLUSÃO

O sistema Ground Source é funcional nas condições do protótipo elaborado, os resultados obtidos são suficientes para garantir continuação deste estudo para outras condições climáticas e configurações de interação do trocador de calor com a terra ou água.

O protótipo estará na condição extrema quando as temperaturas mais baixas do inverno chegarem. Nesta condição uma bomba de calor a ar perde a eficiência e pode até ser desligada pelos sensores de segurança, e será nesta condição que a bomba de calor ground source justificará o investimento maior e tempo maior de instalação em comparação com a bomba tradicional, pois o objetivo dela é manter a mesma eficiência já obtida no verão.

Este estudo também pode ser replicado de forma inversa, ou seja, para aproveitar o banho térmico da terra para arrefecer o condensador, já existem artigos sobre o uso de sistema geotérmico por exemplo para Datacenters, utilizando o índice PDD, com um sistema de condensação geotérmica (fonte terrestre) como um opção de banho térmico para condensar o fluido refrigerante, podendo usar uma fórmula aritmética para outros sistemas e usando o novo índice EUED (Energy Usage Effectiveness Design), aplicando esse índice para determinar com maior eficiência energética em novas instalações de empresa juntamente com sistemas geotérmicos (Santos, 2019; Santos, 2020).

Uma das sugestões seria usar o sistema geotérmico de expansão direta para pequenos servidores, até mesmo para sistema direto sem fluido refrigerante com apenas água circulante num cooler.

REFERÊNCIAS

ASHRAE. **Thermal Guidelines for Data Processing Environments**. 4rd Edition. ASHRAE Datacom series. 2014.

CETCO. **High TC Geothermal grout**. Disponível em http://www.cetco.com/DesktopModules/Bring2mind/DMX/Download.aspx?Command=Core_Download&PortalId=0&EntryId=4249, acessado em 22/02/2017.

ENERGY STAR. **Geothermal Heat Pumps**. Disponível em Geothermal Heat Pumps | ENERGY STAR, acessado em 14/02/2017.

IECENGENHARIA. **Proteção Catódica**. Disponível em <https://www.iecengenharia.com.br/noticia/o-que-e-protecao-catodica/> Acessado em 11/11/2020.

PROTOLAB. **Tabela de condutividade térmica de materiais**. Disponível em www.protolab.com.br, acessado em 30/03/2017.

REHAU. **Renewable energy – ground source energy, biomass, biogas**. Disponível em REHAU renewable energy - ground-source energy, biomass, biogas, acessado em 11/01/2017.

Santos, Alexandre F.; Gaspar, Pedro D.; Souza, Heraldo J. L. **Novo Índice de Desempenho de Data Center: Perfect Design Data Center-PDD**. Climate. DOI: 10.3390/cli8100110. Outubro de 2020.

Santos, Alexandre F.; Gaspar, Pedro D.; Souza, Heraldo J. L. **Evaluation of the heat and energy performance of a datacenter for a new efficiency index: energy usage effectiveness design – EUED**. BAPT. vol.62. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-smart-2019190021>.

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