



Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)



Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

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
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 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
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
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. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
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. 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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

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

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

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

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

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

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

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

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

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

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

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

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

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

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª 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
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

Projeto, análise e otimização na área das engenharias

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
Organizador: Henrique Ajuz Holzmann

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P964 Projeto, análise e otimização na área das engenharias /
Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa -
PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-696-6

DOI 10.22533/at.ed.966210601

1. Engenharia. I. Holzmann, Henrique Ajuz
(Organizador). II. 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

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente pelos engenheiros nos mais diversos ramos do conhecimento, é de saber ser multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas. Hoje exige-se que os profissionais saibam transitar entres os conceitos e práticas, tendo um viés humano e técnico.

Neste sentido este livro traz capítulos ligados a teoria e prática em um caráter multidisciplinar, apresentando de maneira clara e lógica conceitos pertinentes aos profissionais das mais diversas áreas do saber.

Apresenta temas relacionados a área de engenharia mecânica e materiais, dando um viés onde se faz necessária a melhoria continua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril. Destaca-se ainda a apresentação das áreas da engenharia e elétrica e eletrônica, com a busca da redução de custos e automação de processos.

Da ênfase em alguns trabalhos voltados a realizar um levantamento econômico dos de processos e o estudo das áreas térmicas.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradeço pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DE MICROCONTROLADORES NA AUTOMAÇÃO DE SHOPPING CENTER

Rafael Jacinto dos Santos
Guilherme Henrique Ferreira Neves
Luiz Felipe Costa Rosa
Washington Junio Ferreira Resende

DOI 10.22533/at.ed.9662106011

CAPÍTULO 2..... 8

ANÁLISE DE DESEMPENHO DOS INVERSORES DE TRÊS NÍVEIS NPC E PONTE H

Kennedy Ricardo da Silva
Abinadabe Silva Andrade

DOI 10.22533/at.ed.9662106012

CAPÍTULO 3..... 20

VIABILIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE LUMINÁRIAS CONVENCIONAIS POR LUMINÁRIAS LED NO SETOR INDUSTRIAL

Bruno Sousa de Castro
Antonio Manoel Batista da Silva

DOI 10.22533/at.ed.9662106013

CAPÍTULO 4..... 34

PROJETO PARA ELABORAÇÃO DE UMA PEN PLOTTER

Rafael Ferreira da Silva
Welton Abreu Rosa
Luciana Paro Scarin Freitas
Jorge Luis Ribeiro dos Santos Júnior
Luís Henrique Chouay Dall’Agnese
Grégori da Cruz Balestra

DOI 10.22533/at.ed.9662106014

CAPÍTULO 5..... 40

DEPRECIAÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS USANDO OS MÉTODOS LINHA, COLE, PERCENTAGEM CONSTANTE E CAIRES

Adalberto Gomes de Miranda
Jonhunny Jeyson da Costa Gandra
Adailza Aparício de Miranda
Steven Frederick Durrant
José Costa de Macêdo Neto
Adailson Aparício de Miranda

DOI 10.22533/at.ed.9662106015

CAPÍTULO 6..... 56

ANÁLISE DOS IMPACTOS GERADOS PELA FALTA DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NO CUSTO DA EXECUÇÃO DE UMA CRECHE TIPO 1 PADRÃO FNDE EM

CARUARU-PE

Matheus Henrique Pacheco Bezerra
Maria Victória Leal de Almeida Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.9662106016

CAPÍTULO 7..... 70

ESTIMAÇÃO E AVALIAÇÃO DE DIFERENTES AGENTES ARRASTADORES NA MISTURA AZEOTRÓPICA ÁGUA/1-PROPANOL POR MEIO DO XSEOS

Erich Potrich
Larissa Souza Amaral

DOI 10.22533/at.ed.9662106017

CAPÍTULO 8..... 78

PROJETO DE ELEMENTOS FINITOS: FLEXÃO EM BARRAS COM DIFERENTES MATERIAIS

Gabriel Brandão Santos
Gleudson Silva Figueiredo
Jullyane Milena Silva de Figueiredo

DOI 10.22533/at.ed.9662106018

CAPÍTULO 9..... 93

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE COMPÓSITO DE MATRIZ DE GESSO REFORÇADO COM CAPIM

Diogo Antonio Correa Gomes
Eduardo Hélio de Novais Miranda
Gustavo Monteiro Costa Sbampato Resende
Henrique Andrade Alvarenga Barbosa
Márcia Aparecida Imaculada de Oliveira
Mariane Duarte Resende
Thaiane Oliveira Marcelino

DOI 10.22533/at.ed.9662106019

CAPÍTULO 10..... 100

PROJETO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO MECÂNICA DE UM GUINCHO DE IÇAMENTO PARA LOCOMOÇÃO DE CARGAS

Antonio Rodrigues Freitas de Carvalho
Diógenes Linard Aquino Freitas
Eduardo Ataíde de Oliveira
Jardielson José da Costa Almeida
Lucas Filipe de Vasconcelos

DOI 10.22533/at.ed.96621060110

CAPÍTULO 11..... 113

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE REFRIGERADOR PORTÁTIL BASEADO NO EFEITO PELTIER

Bruno Almeida Miranda Silva
Vitor Alves Pimenta
Maksym Ziberov

DOI 10.22533/at.ed.96621060111

CAPÍTULO 12..... 124

PROPOSTA DE INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL DO DESEMPENHO TERMO-HIDRÁULICO DE NANOFLUIDOS NA REFRIGERAÇÃO DE REATORES NUCLEARES À ÁGUA LEVE

Alexandre Melo de Oliveira

Amir Zacarias Mesquita

Isabela Carolina Reis

DOI 10.22533/at.ed.96621060112

CAPÍTULO 13..... 131

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO ESCOAMENTO DE AR EM DIFUSORES PARA APLICAÇÃO NA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

Silmara Bispo dos Santos

Rodrigo Sabino Pereira

Francisco Carlos Lima de Souza

Keteri Poliane Moraes de Oliveira

Edson Godoy

DOI 10.22533/at.ed.96621060113

CAPÍTULO 14..... 144

FATORES DE EQUILÍBRIO E DOSES EM MINAS SUBTERRÂNEAS BRASILEIRAS

Talita de Oliveira Santos

Zildete Rocha

Paulo Cruz

Vandir de Azevedo Gouvea

Flávia Luiza Soares Borges

João Batista de Siqueira

Laura Cardoso Takahashi

DOI 10.22533/at.ed.96621060114

CAPÍTULO 15..... 152

PHYSICAL DISTRIBUTION AND RADIOLOGICAL CONTRAST OF CEMENTS IMPLANTED *IN VITRO* VERTEBRAE

Carlos Julio Montañó Valencia

Sonia Seger Pereira Mercedes

Luciana Batista Nogueira

Tarcísio Passos Ribeiro de Campos

DOI 10.22533/at.ed.96621060115

CAPÍTULO 16..... 160

PROJETO DE UM PADRÃO UNIVERSAL DE BAIXO CUSTO PARA CALIBRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E INSPEÇÃO DE SOLDAGEM

Monalisa Pereira Silva

Maksym Ziberov

DOI 10.22533/at.ed.96621060116

SOBRE O ORGANIZADOR.....	170
ÍNDICE REMISSIVO.....	171

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE REFRIGERADOR PORTÁTIL BASEADO NO EFEITO PELTIER

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 01/10/2020

Bruno Almeida Miranda Silva

Centro Universitário Una
Uberlândia – MG
<http://lattes.cnpq.br/4082711723914506>

Vitor Alves Pimenta

Centro Universitário Una
Uberlândia – MG
<http://lattes.cnpq.br/2153043901049810>

Maksym Ziberov

Universidade de Brasília
Brasília – DF
<http://lattes.cnpq.br/3745791869688184>

RESUMO: Com constantes mudanças em nossos hábitos, surgem também novas necessidades. A partir daí surgiu a ideia de se criar uma solução para resfriar e manter bebidas frias através de um equipamento portátil e eficiente. Propondo-se a desenvolver, criar e validar um protótipo que atenda essa ideia este artigo busca apresentar informações e dados sobre o dimensionamento do equipamento, seleção de componentes, fabricação, validação e a apresentação dos resultados obtidos com o protótipo.

PALAVRAS-CHAVE: Refrigerador Portátil, Peltier, Transferência de Calor, Prototipagem 3D.

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A PORTABLE REFRIGERATOR BASED ON THE PELTIER EFFECT

ABSTRACT: With constant changes in our habits, new needs also appear. From there came the idea of creating a solution to cool and keep cold drinks using a portable and efficient equipment. To develop, create and validate a prototype that meets this idea, this article aims to present information and data on equipment sizing, component selection, fabrication, validation, and the results obtained with the prototype.

ABSTRACT: Portable Cooler, Peltier, Heat Transfer, 3D Prototyping.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente existem no mercado vários tipos e modelos de refrigeradores, com grandes variações quanto às dimensões e potências, visando atender a todos os tipos de consumidores e suas necessidades em uso doméstico, comercial e industrial. Podendo respectivamente manter alimentos e bebidas resfriados e aumentar a conservação ideal de alguns alimentos. A capacidade de temperatura dos refrigeradores varia na faixa de -8°C a -18°C para o compartimento de congeladores e 2°C a 18°C no compartimento de resfriados (SILVA, 2019). Naturalmente, bebidas esquentam quando expostas à temperatura ambiente, sendo que as formas tradicionais de resfriamento de bebidas incluem uso de gelo ou

refrigeradores; métodos esses, que levam tempo para um consumo com paladar agradável e exigem grandes compressores mecânicos, caixas térmicas e um grande espaço físico. Devido às mudanças sociais surgiu a necessidade de desenvolver um equipamento de fácil acesso, portátil, compacto, com capacidade de refrigerar e conservar os líquidos em poucos minutos, ocupando um pequeno espaço físico, sem a utilização de gelo e sem necessidade de um compressor, o que diminui muito a emissão de ruídos.

Para isso, é necessário o controle da climatização através de módulos de resfriamento termoelétrico, utilizando dispositivos eletrônicos como princípio de refrigeração (COSTA, 1982), obtendo vantagem sobre os métodos convencionais de refrigeração, pois são simples e não tem partes móveis a nível macroscópico. Além disso, são compactos, confiáveis, silenciosos e também não utilizam gás refrigerante que prejudicam a camada de ozônio (MORAN et al., 2013).

Estes dispositivos são módulos (células ou pastilhas), baseados no efeito Peltier e são capazes de bombear calor para produzir um resfriamento ou aquecimento (MORAN et al., 2013). Importante destacar, que no núcleo de um refrigerador termoelétrico há dois materiais diferentes, neste caso semicondutores do tipo-n e do tipo-p. Para serem eficientes na refrigeração termoelétrica, os materiais devem ter baixa condutividade térmica e elevada condutividade elétrica (MORAN et al., 2013). O dissipador de calor é uma peça fundamental para o bom funcionamento de diferentes tipos de equipamentos e maquinários eletrônicos, pois possuem a função de facilitar a troca térmica do sistema com o meio ambiente, sendo a seleção ou desenvolvimento do dissipador de calor essencial na operação das pastilhas termoelétricas (ÇENGEL; GHAJAR, 2012), já que os módulos não retiram calor, e sim, transportam de uma face para outra. Por fim o objetivo desse trabalho é projetar e construir um refrigerador portátil para líquidos, além de validar sua eficiência após finalizado o protótipo.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para a fabricação e testes de funcionamento do equipamento que terá a capacidade de refrigerar e conservar líquidos, foi necessário o uso de pastilhas termoelétricas. Para a escolha do melhor módulo termoelétrico além do dimensionamento, foi efetuado testes práticos com os módulos TEC1-12706 e TEC1-12708, alimentados por uma fonte convencional de 12 V.

Para o sistema de dissipação térmica, foram feitos testes práticos com quatro dissipadores de áreas de contato variando entre 54800 mm² a 295600 mm², juntamente com dois modelos de coolers de diferentes potências. Após definido o conjunto de dissipação, foi desenvolvido um modelo 3D para fabricação da carcaça e simulações aerodinâmicas, com o objetivo de melhorar o fluxo de ar e identificar pontos de melhoria na carcaça, produzida por meio de impressão 3D, utilizando filamento em PLA.

O sistema para a condução de calor da face fria da pastilha termoelétrica para o líquido apelidado de conjunto de condução (copo e base), será produzido por um prestador de serviços usando um tarugo de alumínio de liga 6351-T6, utilizando um torno mecânico.

Já com o protótipo finalizado, todo o conjunto será submetido a testes com uma câmera térmica FLIR embutida no Smartphone Caterpillar S60, e também comparações com o sistema de testes e com uma geladeira convencional modelo DFX41 da Electrolux.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para estimar a carga térmica do sistema, é necessário fixar alguns parâmetros iniciais com o objetivo de realizar os cálculos para o dimensionamento do sistema. Como referência, foi considerado líquido (H_2O) como objeto a ser refrigerado com volume de 220 ml, conhecendo a densidade da H_2O a $25^\circ C$, $0,9970 \text{ g/ml}$ (LIDE, 2004) tem-se aproximadamente 220 g de massa; considerando a temperatura inicial do líquido e do ambiente a $25^\circ C$ e a temperatura final pretendida para resfriamento do líquido de $5^\circ C$, em um tempo aproximado de 30 min. Sendo assim, é possível estimar a carga térmica utilizando a Equação (1) (MILHER; MILHER, 2014).

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (1)$$

Onde: Q - quantidade de calor sensível (cal ou J), m - massa (g), c - calor específico, constante em (cal/ $^\circ C$) e ΔT - variação de temperatura ($^\circ C$).

$$\text{Portanto: } Q = 220 \cdot 1 \cdot (25 - 5) = 4340 \text{ cal ou } 18410 \text{ J}$$

A quantidade de calor que deve ser retirada do líquido para resfriamento até a temperatura desejada, é de 18410 J. Pode-se chegar à potência aproximada do equipamento através da Equação (2).

$$P = Q/t \quad (2)$$

Onde: Q - Quantidade de calor sensível (cal ou J), P - potência (W) e t - tempo de operação (s).

$$\text{Portanto: } P = 18410/1800 = 10,2 \text{ W}$$

A partir das condições operacionais estabelecidas para o projeto, chegou-se a uma potência mínima de 10,2 W, o que permite agora escolher a pastilha mais adequada.

Com base na curva de performance fornecido pelo fabricante, foi cogitado para este projeto as pastilhas termoelétricas TEC1-12706 e TEC1-12708 (Figura 1), levado em consideração o custo, sua potência, suas características disponibilizadas pelo fabricante.

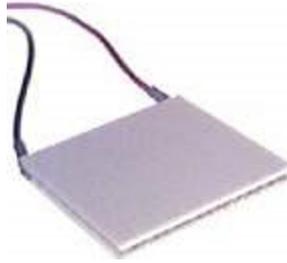


Figura 1. Ilustração pastilha termoelétrica (PELTIERMODULES, 2020)

Analisando os dados fornecidos pelo fabricante (PELTIERMODULES, 2020), tem-se a corrente, tensão e potência máxima de operação do módulo. Para que a pastilha mantenha esses valores em operação, é necessário que se mantenha uma tensão e corrente constante.

Com a principal fonte de consumo elétrico do projeto definido, levando em consideração outros elementos que irão ser agregados ao sistema, foi adquirido uma fonte de 12 V de 10 A, sendo uma fonte compacta quando comparada a outros modelos, e com potência similar, além de ser um modelo muito simples de ser usado.

Para atender as necessidades de designer do protótipo, foi feito um projeto 3D para a criação do protótipo, que foi dividido em 2 partes (parte 1 - conjunto copo e base, e parte 2 - conjunto de isolamento térmico).

Conjunto de condução (Figura 2a), sendo constituído respectivamente pelo copo e base (Figuras 2b e 2c), é responsável pela troca de calor entre o líquido que se pretende resfriar e a pastilha termoelétrica. Para este item, foi utilizado um tarugo de alumínio que foi usinado em um torno.

Parte 2 é responsável pelo isolamento térmico entre o conjunto de condução, o ambiente e o dissipador, fornecendo a sustentação para a fixação dos componentes (Figura 2d). O item foi produzido utilizando uma impressora 3D (Ender 3) com parâmetros definidos em 60 mm/s, temperatura do extrusor em 205°C, largura da camada é de 0,40 mm e 0,20 mm de altura, utilizando o filamento cinza com diâmetro de 1,75 mm em PLA.

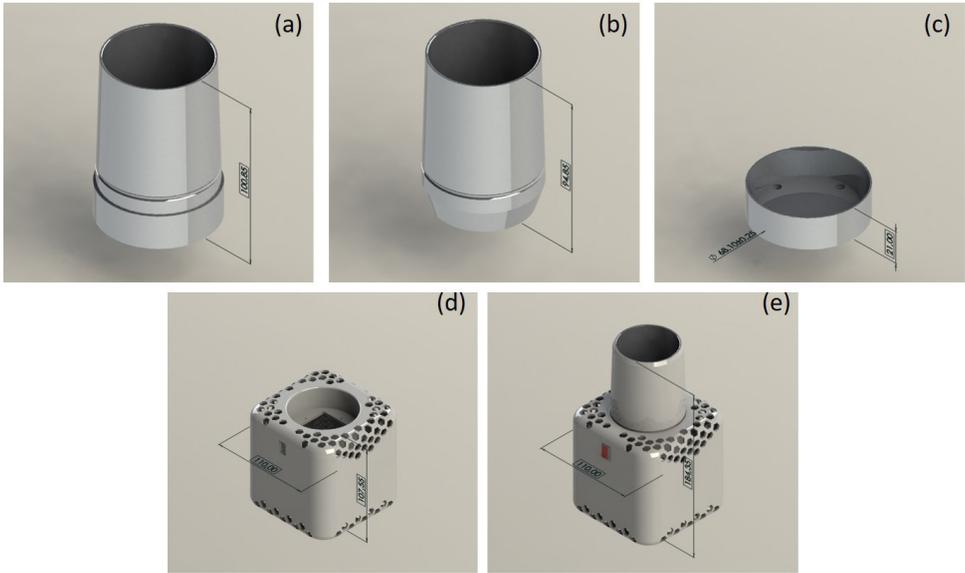


Figura 2. (a) - conjunto de condução em alumínio, (b) - copo em alumínio, (c) - base em alumínio, (d) - carcaça e (e) - conjunto montado, dimensões em mm

Na escolha do dissipador foram feitas uma bateria de testes utilizando 4 modelos de dissipador com área de contato diferentes (Tabela 1). Todos foram montados em um conjunto com dois modelos de cooler. Sendo o primeiro cooler de modelo A9225-42RB-4AP-C1 da fabricante Cooler Master que possui 7,20 W, 64 CFM e ruído de 61 dB, e o segundo cooler de modelo RDL8025S da fabricante Ruilian Science, possuindo 0,98 W, 26 CFM e ruído de 38 dB.

Dissipador	Área de contato aproximada (mm ²)
A1	54800
A2	127600
A3	295600
A4	173000

Tabela 1. Dissipador com área de contato diferentes

Os testes foram realizados utilizando a pastilha termoeletrica TEC1-12708 com 220 ml de H₂O na temperatura ambiente de 25°C durante 30 min, monitoradas a cada 5 min. O termômetro utilizado possui uma escala que varia em 1°C, e a cada troca do dissipador, o conjunto de condução era submergido em um balde com água durante 5 min para que ficasse em temperatura ambiente antes da próxima bateria de teste.

Analisando a Figura (3a), o conjunto com cooler A9225-42RB-4AP-C1 e dissipador

A3, demonstram melhor eficiência na dissipação térmica devido haver uma maior área de contato para troca térmica por convecção forçada. Comparando os demais conjuntos com dissipador A3, o dissipador A4 apresenta uma perda de eficiência aproximada de 12%, para o dissipador A2 a perda é de aproximadamente 24,50%, e para o dissipador A1 a perda chega a aproximadamente 29,50%.

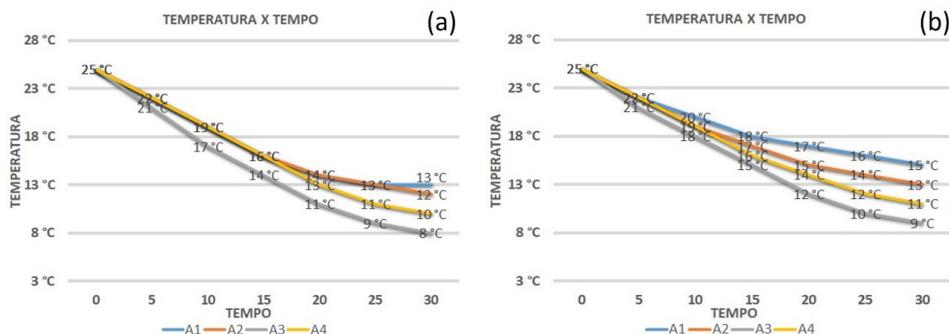


Figura 3. (a) - cooler Cooler Master e (b) - cooler Rullian Science

Analisando a Figura (3b), o conjunto com cooler modelo RDL8025S e dissipador A3, demonstra melhor eficiência na dissipação térmica devido a uma maior área de contato para troca térmica por convecção forçada. Comparando os demais conjuntos com dissipador A3, o dissipador A4 apresenta uma perda de eficiência aproximada de 12,50%, para o dissipador A2 a perda é de aproximadamente 25%, e para o dissipador A1 a perda chega a aproximadamente 37,50%.

Após comparar os resultados (Figuras 3a e 3b), é possível notar que o dissipador A3, apresenta uma melhor eficiência independente do cooler utilizado. Seu tamanho inviabiliza o uso para este projeto, por não ser tão compacto e ter 700 g. Já o dissipador A1, tem um tamanho compacto excelente para o projeto, mas seu desempenho fica a desejar, por possuir uma menor área de contato para troca térmica por convecção forçada. Sendo assim, do ponto de vista técnico e comercial e a partir da análise das (Figuras 3a e 3b), nota-se que o conjunto com o cooler de modelo A9225-42RB-4AP-C1 e dissipador A4 (Figura 4a), é o que atende melhor às perspectivas do projeto refrigerador de líquido.

Durante os testes para a escolha do dissipador e do cooler, foi notado uma leve condensação na parte central da base demonstrado na Figura (4b), a região compreendida dentro do círculo vermelho, sendo uma formação quase totalmente homogênea diferente das formações nas laterais indicadas pelas setas pretas. Após analisar, ficou claro que essa falha é proveniente da usinagem da base (Figura 4c). Por consequência desse mal contato, perde-se uma grande área para a troca de calor impactando diretamente no desempenho do equipamento.

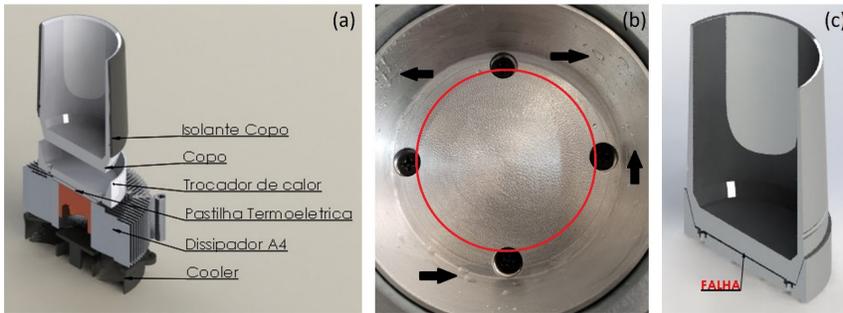


Figura 4. (a) - conjunto com dissipador A4 e cooler A9225-42RB-4AP-C1, (b) - falha na usinagem e (c) - demonstração da falha (folga) na fabricação do conjunto condução

Afim de quantificar essa falha, foram feitos novos testes adicionais utilizando a pastilha termoeletrica TEC1-12708 e cooler modelo A9225-42RB-4AP-C1 também com 220 ml de H_2O na temperatura ambiente de $25^\circ C$ durante 30 min monitoradas a cada 5 min. Entretanto, dessa vez, diferente do teste feito anteriormente (A4 + Copo e Base), foi utilizado somente o Copo (A4 + Copo) em contato direto com a pastilha termoeletrica e os resultados podem ser vistos na Figura (5a). A diferença final é de $3^\circ C$, perdendo nesse caso 20% do seu desempenho uma quantidade muito relevante diante da falha apresentada.

Logo em seguida foi feito um teste com a finalidade de quantificar a diferença no desempenho quando utilizado a pastilha TEC1-12706 comparando ao teste anterior (A4 + Copo). Os dados obtidos podem ser vistos na Figura (5b), é possível notar uma diferença final de $3^\circ C$, equivalente a 20% menos desempenho. No entanto o seu consumo durante o teste, ficou em 5,40 A (64,80 W) contra 6,96 A (83,50 W) 28% a menos de consumo. A hipótese para essa diferença, é que com uma menor emissão de calor para ser dissipado, o dissipador e o cooler conseguiram ter um ganho na sua eficiência de 8%, uma vez que, o funcionamento da TEC1-12708 e TEC1-12706 é o mesmo. Sendo assim, optou-se por manter a utilização da TEC1-12708 no protótipo.

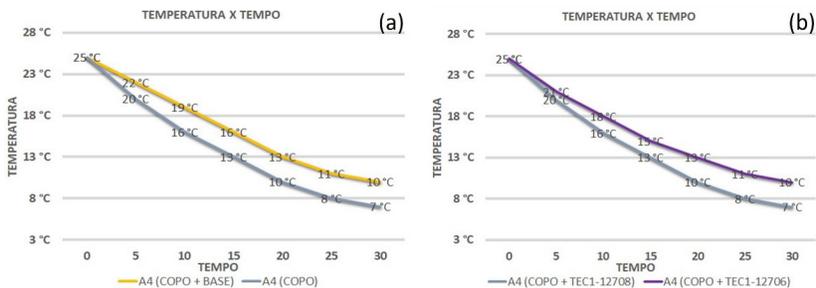


Figura 5. (a) - impacto da falha na fabricação do conjunto condução e (b) - diferença de desempenho entre as pastilhas

Após a definição do sistema de dissipação térmica e da pastilha termoelétrica, foi efetuado uma simulação aerodinâmica com objetivo de observar o impacto do fluxo de ar na dissipação de calor, conforme apresentado na Figuras (6a). Para a simulação, utilizou-se parâmetros do próprio *software* SolidWorks, onde é possível simular a interação das partículas de ar com a hélice do cooler dentro de uma zona delimitada, sendo também possível, introduzir a rotação do sistema, que para esse caso, foi fixado em 4200 rpm, gerando assim, interações bem próximas da realidade.

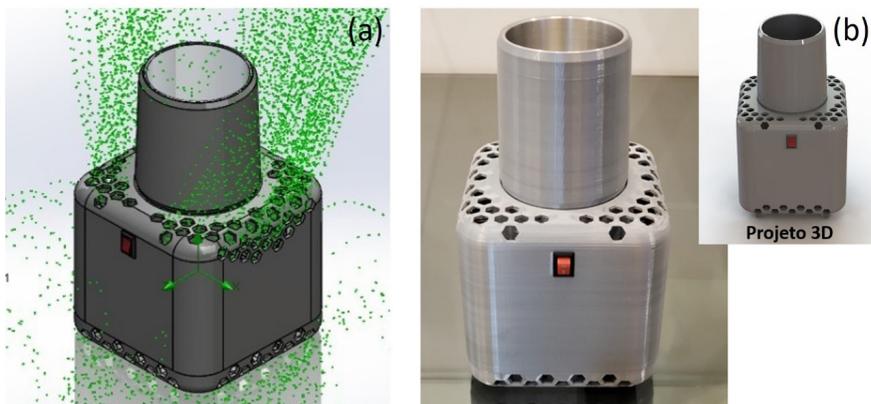


Figura 6. (a) - direcionamento do fluxo de ar vista isométrica.e (b) - refrigerador portátil

Finalizada a impressão da carcaça, inicia-se a montagem do protótipo. Foi incluído o circuito elétrico, que contempla a fiação, conector para energia, conector para o cooler e chave geral. Já na fixação da pastilha termoelétrica, foi utilizado pasta térmica nas áreas de contato com o dissipador e com o conjunto de condução facilitando o fluxo de calor. O dissipador foi fixado a carcaça por meio de parafusos, assim como a base do copo. O resultado final está apresentado na Figura (6b).

Foi feito um teste com o protótipo finalizado sendo possível observar uma discreta melhora no seu desempenho quando comparado ao conjunto inicial A4, demonstrando assim, que a carcaça cumpriu seu papel no isolamento do sistema (Figura 7a).

Utilizando a câmera térmica fixada ao Smartphone Caterpillar S60, com uma precisão de 0,10°C, uma resolução de imagem de 640 x 480 pixels e com uma temperatura ambiente de 21°C, foi possível acompanhar a dissipação de calor no protótipo (Figura 18), sendo monitorada durante 30 min.

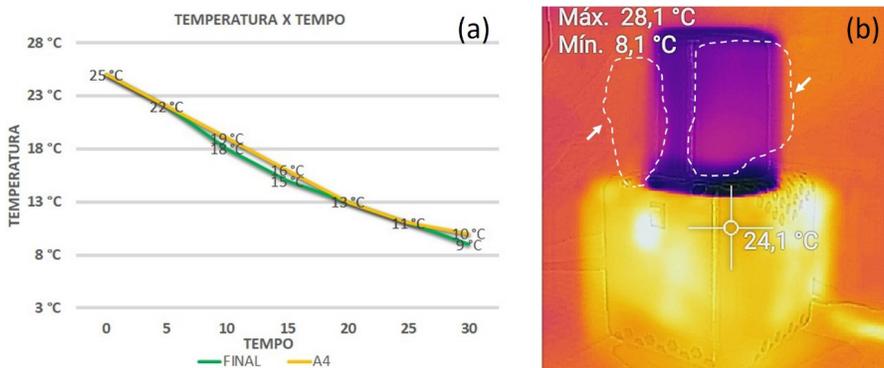


Figura 7. (a) - gráfico comparativo A4 x Protótipo final e (b) - imagem termográfica após 30 min em funcionamento

Analisando as imagens, foi possível validar a simulação aerodinâmica. Comparando as imagens observadas pela câmera térmica, com a situação esperada (Figura 6a) e destacando a área compreendida dentro da marcação com linhas tracejadas (Figura 7b), nota-se uma coloração mais avermelhada, sendo este o resultado da saída do ar quente da carcaça, que mesmo não incidindo diretamente, influencia na troca de calor do isolamento do copo com o ambiente, devido à sua proximidade. Uma situação prevista na simulação e marcada previamente como ponto de atenção.

Neste teste (Figura 7b), o protótipo apresentou uma temperatura máxima de 28,1°C em sua chave (devido a passagem da corrente elétrica), uma mínima de 8,1°C na parte externa do copo (o líquido chegou a uma temperatura de 5°C), sendo que na maior parte da carcaça a temperatura ficou por volta de 24,1°C.

Também foi possível notar o impacto da temperatura ambiente no desempenho do protótipo, atuando de forma constante em seu resultado, o que facilita aproximações para outras condições iniciais próximas as contempladas nos testes.

Refletindo sobre todo o projeto, foi possível identificar pontos de melhorias que impactam diretamente no seu desempenho, como a correção da falha no conjunto de condução, a incidência de ar quente no isolamento do copo e uma possível tampa para o copo, uma vez que, com esses detalhes alterados, estima-se ser possível atingir em uma temperatura de 25°C para 3°C em 30 min.

No entanto, levando em consideração todas essas mudanças e retomando os cálculos iniciais utilizando a Equação (1) para a carga térmica, tem-se: $Q = 220 \cdot 1 \cdot (25 - 3) = 4840 \text{ cal}$ ou 20260 J . Aplicando a energia na Equação (2) da potência, tem-se: $P = 20260 / 1800 = 11,25 \text{ W}$.

Levando em consideração que o sistema consome 83,50 W o rendimento do sistema como um todo, mesmo fazendo as correções possíveis, fica em torno de 14% uma eficiência energética baixa que em sua maior parte se dá ao baixo rendimento da pastilha

termoelétrica.

No entanto, quando comparamos o desempenho do protótipo a uma Geladeira Frost Free modelo DFX41, ainda assim, tem-se um excelente desempenho. Para esse teste foi utilizado 220 ml de água a 25°C e um copo padrão de vidro com espessura de sua parede lateral de 2,40 mm e com seu fundo de 5,25 mm em vidro com um volume de 225 ml monitorado a cada 5 min com duração total de 30 min. Os resultados podem ser vistos na Figura (8a).

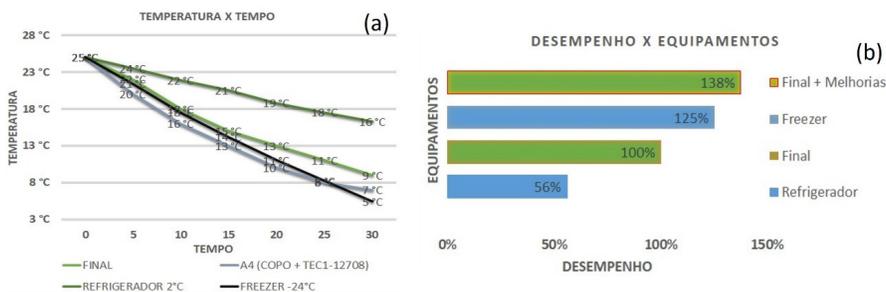


Figura 8. (a) - gráfico comparativo com sistemas convencionais de refrigeração e (b) - gráfico comparativo entre os equipamentos

Importante destacar, que no momento dos testes a geladeira estava em funcionamento, soprando uma rajada de ar contínua no seu interior, promovendo uma melhor troca de calor.

Em sua parte mais quente (Refrigerador), que no momento do teste a 2°C, obteve uma temperatura de 16°C. Já na sua parte mais fria (Freezer), que no momento do teste estava em -23°C, obteve uma temperatura de 5°C. O protótipo final partindo das mesmas condições conseguiu atingir 9°C, entretanto após fazer as correções descritas anteriormente o protótipo poderá atingir 3°C ou até menos nesse mesmo tempo.

Adotando o protótipo como 100% de desempenho, tem-se que o refrigerador perdeu por uma diferença de 44% e o Freezer conseguiu ganhar por 25%. Já o protótipo quando forem aplicadas as melhorias descritas anteriormente, chegará a mais de 38% a mais de desempenho, apresentando um resultado excelente, tendo em vista, suas proporções e limitações (Figura 8b).

4 | CONCLUSÃO

Buscando criar um equipamento inovador, este trabalho atingiu com êxito seu objetivo de projetar, construir e testar um protótipo para o resfriamento de líquidos, utilizando o efeito Peltier; sendo possível baixar a temperatura de 220 ml de água a 25°C para 9°C em 30 min, além de colocar à prova as ferramentas, métodos e equipamentos

usados nesse projeto.

Outro destaque importante, foi a comparação do protótipo final a um modelo de refrigerador convencional, e mesmo frente a este desafio, foi possível obter um excelente resultado, chegando a 44% a mais de desempenho que o Refrigerador, demonstrando que o protótipo, mesmo antes de aplicar correções e melhorias, pode sim, se tornar um excelente produto, proporcionando uma solução pequena, portátil, segura e eficiente para refrigeração.

REFERÊNCIAS

Çengel, Y.A.; Ghajar, A.J. **Transferência de Calor e Massa - Uma Abordagem Prática**. AMGH, Porto Alegre, 2012, 928p.

Costa, E.C. **Refrigeração**. Blucher, São Paulo, 1982, 324p.

Lide, D.R. **Handbook of Chemistry and Physics**. CRC Press, 2004, 2712p.

Milher, R.; Milher, M.R. **Ar-Condicionada e Refrigeração**. LTC Editora, Rio de Janeiro. 2014, 586p.

Moran, M.J.; Shapiro, H.N.; Boettner, D.D.; Bailey, M.B. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**. LTC Editora, Rio de Janeiro, 2013, 872p.

Peltiermodules. **Catalogue of our peltier modules**. Disponível <<https://peltiermodules.com/?p=product>>. Acesso em: 21 de junho de 2020.

Silva, J.G. **Introdução à Tecnologia da Refrigeração e da Climatização**. Artliber, São Paulo, 2019, 264p.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ansys 78, 79, 86, 91, 92, 135

Arduino 1, 2, 3, 7, 37

Arrastador 70, 71, 72, 74, 75, 76

Automação 1, 2, 6, 7, 35

Azeotropia 70, 71, 73, 75, 76

B

Barras 36, 78, 79, 83

Bim 56, 57, 58, 68, 69

C

Calibração 160, 161, 162, 167, 168, 169

Cimento ósseo 152

CNC 34, 35, 39

Contraste radiológico 152

Custos 6, 28, 30, 31, 32, 57, 134, 139, 168

D

Depreciação 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 52, 53, 54, 55

Difusores 131, 132, 134, 138, 139

Dinâmica dos fluidos 132

E

Eficiência 8, 10, 13, 15, 18, 19, 21, 23, 75, 92, 114, 118, 119, 121, 124, 125, 131

Elementos finitos 78, 79, 90, 91

Equilíbrio 9, 10, 70, 71, 72, 73, 74, 80, 82, 104, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150

Equipamentos 2, 8, 36, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 53, 54, 55, 57, 100, 101, 105, 112, 114, 122, 125, 160, 161, 162, 168

F

Fator de equilíbrio 144, 145, 146, 147, 148, 149

Fibras vegetais 94

Flexão 78, 79, 80, 81, 82, 83, 93, 94, 97, 98, 100, 105, 109, 110, 111

Flexão estática 93, 94, 97, 98

G

Guincho 100, 101

H

Hidroxiapatita 152

I

Iluminação 1, 2, 4, 6, 20, 21, 26, 28, 30, 31, 32, 33

Incompatibilidade 56, 57, 61, 62, 63, 68

Industrial 7, 18, 19, 20, 21, 23, 32, 33, 77, 113, 143

Inspeção de solda 160, 167

Inversor multinível 8, 10

L

Led 20, 21, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33

M

Máquinas 34, 35, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 53, 54, 55, 100, 101, 111, 112

Métodos de avaliações 41

Mistura 70, 71, 72, 75, 147

O

Obra pública 56, 57

P

Peltier 113, 114, 122, 123

PenPlotter 34, 35, 38, 39

Periférico 1

Potência eólica 132, 133, 138, 139

Precisão 34, 35, 78, 79, 92, 96, 120

Projeto 2, 6, 25, 26, 28, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 56, 57, 58, 61, 63, 64, 68, 78, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 109, 111, 112, 113, 115, 116, 118, 121, 123, 134, 147, 160, 161, 162, 163, 167, 168, 169

Prototipagem 3D 113

Q

Qualidade de energia 8, 10, 13

S

Sistema 1, 2, 4, 5, 6, 21, 22, 35, 37, 39, 58, 65, 66, 68, 71, 73, 80, 87, 94, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 112, 114, 115, 116, 120, 121, 133, 149, 152, 169

Sistema de transmissão 100, 102, 103, 112

Soldagem 160, 162, 164, 165, 167, 168, 169, 170

Sustentabilidade 8, 21, 94

T

Transferência de calor 113, 123, 124, 125, 126, 127, 128

V

Valor residual 40, 42, 43, 44, 53, 55

Viabilidade 20, 21, 25, 26, 30, 31, 32, 33, 128, 131, 169

X

XSEOS 70, 71, 74, 75, 76

Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 