

Atena
Editora
Ano 2021

ENGENHARIA ELÉTRICA: O MUNDO SOB PERSPECTIVAS AVANÇADAS

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
(Organizadores)



Atena
Editora
Ano 2021

ENGENHARIA ELÉTRICA: O MUNDO SOB PERSPECTIVAS AVANÇADAS

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
(Organizadores)



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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

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

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

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

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

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

Engenharia elétrica: o mundo sob perspectivas avançadas

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia elétrica: o mundo sob perspectivas avançadas / Organizadores João Dallamuta, 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 978-65-5983-013-8

DOI 10.22533/at.ed.138211305

1. Engenharia elétrica. I. Dallamuta, João (Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III. Título.

CDD 621.3

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 engenharia elétrica tornou-se uma profissão há cerca de 130 anos, com o início da distribuição de eletricidade em caráter comercial e com a difusão acelerada do telégrafo em escala global no final do século XIX.

Na primeira metade do século XX a difusão da telefonia e da radiodifusão além do crescimento vigoroso dos sistemas elétricos de produção, transmissão e distribuição de eletricidade, deu os contornos definitivos para a carreira de engenheiro eletricista que na segunda metade do século, com a difusão dos semicondutores e da computação gerou variações de ênfase de formação como engenheiros eletrônicos, de telecomunicações, de controle e automação ou de computação.

Não há padrões de desempenho em engenharia elétrica que sejam duradouros. Desde que Gordon E. Moore fez a sua clássica profecia tecnológica, em meados dos anos 60, a qual o número de transistores em um chip dobraria a cada 18 meses - padrão este válido até hoje – muita coisa mudou. Permanece porém a certeza de que não há tecnologia na neste campo do conhecimento que não possa ser substituída a qualquer momento por uma nova, oriunda de pesquisa científica nesta área.

Produzir conhecimento em engenharia elétrica é, portanto, atuar em fronteiras de padrões e técnicas de engenharia. Algo desafiador para pesquisadores e engenheiros.

Neste livro temos uma diversidade de temas nas áreas níveis de profundidade e abordagens de pesquisa, envolvendo aspectos técnicos e científicos. Aos autores e editores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura!

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
FUSÃO DE SENSORES INERCIAIS BASEADA EM FILTRO DE KALMAN Carolina Barbosa Amaro Dias DOI 10.22533/at.ed.1382113051	
CAPÍTULO 2	14
TRANSIÇÃO ENERGÉTICA DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO: PRINCIPAIS DESAFIOS E OPORTUNIDADES Laura Vieira Maia de Sousa Paula Meyer Soares DOI 10.22533/at.ed.1382113052	
CAPÍTULO 3	30
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, PESQUISA E DESENVOLVIMENTO E GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NA UFAC (UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE) Pedro Henrique Melo Costa Thiago Melo de Lima Antonio Carlos Alves de Farias Rennard de Oliveira Brito DOI 10.22533/at.ed.1382113053	
CAPÍTULO 4	44
ANÁLISE DOS ASPECTOS SAZONAIS DA NEBULOSIDADE NO PROJETO DE INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS FIXAS EM BRASÍLIA/DF Licinius Dimitri Sá de Alcantara Mayara Soares Campos DOI 10.22533/at.ed.1382113054	
CAPÍTULO 5	57
TÉCNICA PREDITIVA DE SEGUIMENTO DO PONTO DE POTÊNCIA MÁXIMA GLOBAL DE ARRANJOS FV EM SOMBREAMENTO PARCIAL Paulo Robson Melo Costa Lucas Taylan Ponte Medeiros Isaac Rocha Machado Marcus Rogério de Castro DOI 10.22533/at.ed.1382113055	
CAPÍTULO 6	76
ANÁLISE DE TOPOLOGIAS EM TRAÇADOR DE CURVA I-V APLICADOS EM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS Ana Lyvia Pereira Lima de Araújo Arthur Vinicius dos Santos Lopes Adson Bezerra Moreira DOI 10.22533/at.ed.1382113056	

CAPÍTULO 7	94
METODOLOGIA PARA GERENCIAMENTO E MANEJO DE CARGA APLICADA A CONSUMIDORES RESIDENCIAIS COM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	
Andrei da Cunha Lima Laura Lisiane Callai dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.1382113057	
CAPÍTULO 8	113
ESTUDO DO SISTEMA DE CONVERSÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA DE ÚNICO ESTÁGIO COM CONEXÃO DIRETA AO SISTEMA ELÉTRICO TRIFÁSICO	
Lucas Taylan Ponte Medeiros Paulo Robson Melo de Costa Ângelo Marcilio Marques dos Santos Leonardo Pires de Sousa Silva Denisia de Vasconcelos Mota Adson B. Moreira	
DOI 10.22533/at.ed.1382113058	
CAPÍTULO 9	129
ESTUDO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS	
André Favetta Daniel Augusto Pagi Ferreira Maurício José Bordon	
DOI 10.22533/at.ed.1382113059	
CAPÍTULO 10	142
ESTUDO DAS CAUSAS DE SNAIL TRAILS EM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DE SILÍCIO CRISTALINO: REVISÃO.	
Neolmar de Matos Filho Dênio Alves Cassini Túlio Pinheiro Duarte Antônia Sônia Alves Cardoso Diniz	
DOI 10.22533/at.ed.13821130510	
CAPÍTULO 11	156
THE IMPACT OF THE FREQUENCY DEPENDENCE OF SOIL ELECTRICAL PARAMETERS ON LIGHTNING OVERVOLTAGES DEVELOPED IN A 138 KV TRANSMISSION LINE	
Felipe Mendes de Vasconcellos Fernando Augusto Moreira Rafael Silva Alípio	
DOI 10.22533/at.ed.13821130511	
CAPÍTULO 12	170
A INFLUÊNCIA DO EFEITO DEPENDENTE DA FREQUÊNCIA DOS PARÂMETROS ELÉTRICOS DO SOLO SOBRE O DESEMPENHO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO FRENTE A DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	
Felipe Mendes de Vasconcellos	

Fernando Augusto Moreira

Rafael Silva Alípio

DOI 10.22533/at.ed.13821130512

CAPÍTULO 13..... 189

AVALIAÇÃO DO EFEITO DEPENDENTE DA FREQUÊNCIA DOS PARÂMETROS DO SOLO NA RESPOSTA IMPULSIVA DO ATERRAMENTO E NAS SOBRETENSÕES DE ORIGEM ATMOSFÉRICA EM LINHAS DE TRANSMISSÃO

Felipe Mendes de Vasconcellos

Fernando Augusto Moreira

Rafael Silva Alípio

DOI 10.22533/at.ed.13821130513

CAPÍTULO 14..... 207

CONVERSORES E INVERSORES PARA ACIONAMENTO E CONTROLE DE UM VEÍCULO ELÉTRICO HÍBRIDO

Moisés de Mattos Dias

Niklaus Veit Lauxen

Marco Antônio Fröhlich

Claudionor Atílio Vingert

Giuseppe Guilherme Mergener Vingert

Luiz Carlos Gertz

Alessandro Sarmiento dos Santos

José Lesina Cezar

Patrice Monteiro de Aquim

Jonathan Moling

Gabriel Mateus Neumann

Nickolas Augusto Both

Monir Goethel Borba

Lirio Schaeffer

DOI 10.22533/at.ed.13821130514

CAPÍTULO 15..... 221

ESTUDO DA TECNOLOGIA DE FRENAGEM REGENERATIVA E SEU IMPACTO NA AUTONOMIA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS ALIMENTADOS POR BATERIAS

Gabriel Silva de Marchi Benedito

Daniel Augusto Pagi Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.13821130515

CAPÍTULO 16..... 238

PATH PLANNING COLLISION AVOIDANCE USING REINFORCEMENT LEARNING

Josias Guimarães Batista

Emerson Verar Aragão Dias

Felipe José de Sousa Vasconcelos

Kaio Martins Ramos

Darielson Araújo de Souza

José Leonardo Nunes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.13821130516

CAPÍTULO 17.....	252
CONTROLE DE PRECISÃO PARA PRÓTESES MECÂNICAS	
Haniel Nunes Pereira Pinheiro	
Ronaldo Domingues Mansano	
DOI 10.22533/at.ed.13821130517	
CAPÍTULO 18.....	266
ESTUDO DA VIABILIDADE DO MEDIDOR DE FREQUÊNCIA RESPIRATÓRIA FLOW™ E ADAPTAÇÃO PARA A IDENTIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS	
Camila de Souza Gomes	
Ana Carolina Silva de Aquino	
Gabriela Haydee Mayer de Figueiredo Barbosa	
Maria Eduarda Santos Amaro	
Sergio Murilo Castro Cravo de Oliveira	
Lilian Regina de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.13821130518	
CAPÍTULO 19.....	280
OTIMIZAÇÃO GEOMÉTRICA E AUTOMATIZAÇÃO PARA UM PASTEURIZADOR COM CONCENTRADOR CILÍNDRICO-PARABÓLICO	
Gustavo Krause Vieira Garcia	
Antonio Lucas dos Santos Carlos	
Neemias Dantas Fernandes	
Taciano Amaral Sorrentino	
DOI 10.22533/at.ed.13821130519	
CAPÍTULO 20.....	297
ESTUDO DA SECAGEM SOLAR DE BIOMASSA DE LARANJA COM CONVECÇÃO NATURAL E FORÇADA	
Mariana de Miranda Oliveira	
Leandro Antônio Fonseca Domingues	
Andrea Lucia Teixeira Charbel	
DOI 10.22533/at.ed.13821130520	
CAPÍTULO 21.....	307
ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE TEMPERATURA NO CAPACITOR TÉRMICO DE UM SECADOR SOLAR DE EXPOSIÇÃO INDIRETA	
Brenda Fernandes Ribeiro	
Antonio Gomes Nunes	
DOI 10.22533/at.ed.13821130521	
CAPÍTULO 22.....	321
MODELAGEM E CONTROLE DE UMA PLATAFORMA EXPERIMENTAL DO TIPO GANGORRA DE EIXO ÚNICO	
Reinel Beltrán Aguedo	
Ricardo José de Farias Silva	
Ania Lussón Cervantes	
DOI 10.22533/at.ed.13821130522	

CAPÍTULO 23..... 335

DESSALINIZADOR SOLAR PORTÁTIL PARA APLICAÇÃO EM COMUNIDADES RURAIS NO RIO GRANDE DO NORTE

Paulo Vinícius de Souza Oliveira
Fabiana Karla de Oliveira Martins Varella Guerra
Luiz José de Bessa Neto
Vitória Caroline Carvalho do Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.13821130523

CAPÍTULO 24..... 350

IMPLEMENTAÇÃO DE UMA PLATAFORMA DIDÁTICA COMPUTACIONAL APLICADA À ANÁLISE DE CIRCUITOS ELÉTRICOS EM UM AMBIENTE DE CÓDIGO ABERTO - SCIENTIFIC LABORATORY (SCILAB)

Matheus Silva Pestana
Danúbia Soares Pires
Orlando Donato Rocha Filho

DOI 10.22533/at.ed.13821130524

CAPÍTULO 25..... 363

AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DO CICLO DE VIDA: ESTUDO DE CASO APLICADO A CONSTRUÇÃO CIVIL

Mauricio Andrade Nascimento
Ednildo Andrade Torres

DOI 10.22533/at.ed.13821130525

CAPÍTULO 26..... 391

MONITORAÇÃO REMOTA DE RESERVATÓRIOS LÍQUIDOS UTILIZANDO O MÓDULO ESP32-LoRa

Maria Eduarda Aparecida Gil
Thiago Timoteo Henrique
Getúlio Teruo Tateoki

DOI 10.22533/at.ed.13821130526

CAPÍTULO 27..... 397

S.A.C SISTEMA DE ASSISTÊNCIA AO CICLISTA

Ricardo Bussons da Silva
Alexandre Henrique Ferreira Rodrigues
Deivid Roberto Almeida Vasconcellos
Rian Guilherma Braga de Lima
San-Cleir Neto Silva Orlanlandes
Victor Manoel Rosa de Moraes

DOI 10.22533/at.ed.13821130527

CAPÍTULO 28..... 402

UMA ABORDAGEM BASEADA EM APRENDIZADO DE MÁQUINA E DESCRITORES ESTATÍSTICOS PARA O DIAGNÓSTICO DE FALHAS EM ROLAMENTOS DE MÁQUINAS ROTATIVAS

Lucas de Oliveira Soares

Luiz Alberto Pinto
Diego Assereuy Lobão

DOI 10.22533/at.ed.13821130528

SOBRE OS ORGANIZADORES	415
ÍNDICE REMISSIVO.....	416

OTIMIZAÇÃO GEOMÉTRICA E AUTOMATIZAÇÃO PARA UM PASTEURIZADOR COM CONCENTRADOR CILÍNDRICO-PARABÓLICO

Data de aceite: 01/05/2021

Data de submissão: 05/02/2021

Gustavo Krause Vieira Garcia

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Departamento de Engenharia e Tecnologia
Mossoró – RN
<http://lattes.cnpq.br/4783715123158739>

Antonio Lucas dos Santos Carlos

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Departamento de Engenharia e Tecnologia
Mossoró – RN
<http://lattes.cnpq.br/7667681158880652>

Neemias Dantas Fernandes

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Departamento de Engenharia e Tecnologia
Mossoró – RN
<http://lattes.cnpq.br/4222638600619940>

Taciano Amaral Sorrentino

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Departamento de Ciências Naturais,
Matemática e Estatística
Mossoró – RN
<http://lattes.cnpq.br/4229849194119201>

RESUMO: O consumo de água contaminada ainda é causa de adoecimento e mortes em muitas partes do mundo. A pasteurização solar de água é uma alternativa sustentável e barata para descontaminação microbiológica de água para consumo humano. Neste artigo, propõe-se um pasteurizador solar com concentrador

cilíndrico-parabólico e controle automático de vazão. Apresentam-se resultados da otimização da geometria do concentrador para as condições de irradiação normal direta de Mossoró-RN. Apresentam-se pseudocódigos para o controle do seguidor solar e para o controle automático de vazão usando válvulas solenoides. O esquema de controle de vazão segue a sugestão de Carielo *et al.* (2017) para garantia de tempos e temperaturas de pasteurização. Do modelo otimizado do concentrador, calcula-se a produção teórica diária de água pasteurizada no dia de maior irradiação direta normal para cada mês do ano de 2018, chegando a um máximo de 90 l/dia no mês de agosto.

PALAVRAS - CHAVE: Concentrador Cilíndrico-parabólico, Pasteurização Solar, Pasteurização de Água.

GEOMETRIC OPTIMIZATION AND AUTOMATION FOR A PASTEURIZER WITH CYLINDRIC-PARABOLIC CONCENTRATOR

ABSTRACT: Consumption of contaminated water is still a cause of illness and death in many parts of the world. Solar water pasteurization is a sustainable and inexpensive alternative for microbiological decontamination of drinking water. In this paper, we propose a solar pasteurizer with parabolic trough concentrator and automatic flow control. We present results of concentrator geometry optimization for normal direct irradiation conditions of Mossoró-RN. We present pseudocodes for solar tracker control and automatic flow control using solenoid valves. The

flow control scheme follows the suggestion of Carielo *et al.* (2017) to guarantee pasteurization times and temperatures. From the optimized concentrator model, we calculate the daily theoretical production of pasteurized water on the day of highest normal direct irradiation for each month of 2018, achieving a maximum of 90 l/day in August.

KEYWORDS: Parabolic trough concentrator, Solar pasteurization, Water pasteurization.

1 | INTRODUÇÃO

Água segura para beber é um recurso indispensável para comunidades humanas. No entanto, a Organização Mundial de Saúde e a UNICEF estimam que, em 2015, 844 milhões de pessoas não tinham acesso, ou tinham que se deslocar por mais de 30 minutos para ter acesso, a água para beber. Globalmente, pelo menos 2 bilhões de pessoas usam uma fonte de água para beber contaminada por fezes. Cerca de 361 mil crianças abaixo de cinco anos morrem anualmente por diarreia e o consumo de água contaminada também está relacionado à transmissão de doenças como cólera, hepatite A e tifo, entre outras (WHO e UNICEF, 2017). No Brasil, em 2011, 396 mil pessoas foram internadas por diarreia, sendo 138 mil crianças menores de 5 anos (DATASUS, 2012). É importante, portanto, desenvolver soluções para descontaminação microbiológica de água para consumo humano, sobretudo com possibilidades de uso em comunidades rurais distantes dos centros urbanos e com acesso limitado a rede elétrica.

Apesar da informação muito difundida de que a água deve ser fervida antes de beber, os microrganismos nocivos ao ser humano podem ser inativados a temperaturas mais baixas que a de ebulição da água se a água for mantida por tempo suficiente a essas temperaturas, processo chamado de pasteurização (Feachem *et al.*, 1983). O tempo necessário para a inativação depende do microrganismo, mas tipicamente esse tempo diminui exponencialmente com a temperatura. O uso de radiação solar para tratar água para consumo humano é investigado sistematicamente desde os anos 1980 (Ciochetti e Metcalf, 1984), e muitas abordagens foram propostas. Quanto ao mecanismo de inativação dos patógenos, a água pode ficar exposta à luz solar, aproveitando-se assim a sinergia entre o efeito letal sobre microrganismos da radiação de maior frequência presente no espectro solar (UV e violeta) e o efeito térmico (Tyrrel, 1976), método que ficou conhecido como SODIS (*solar disinfection*), como por exemplo, em (Ciochetti e Metcalf, 1983; Borde *et al.*, 2016), ou a água é mantida num recipiente opaco, geralmente pintado de preto, e o mecanismo de inativação é só o térmico, método conhecido como SOPAS (*solar pasteurization*). Sistemas de pasteurização solar com diferentes tipos de coletor já foram reportados, como coletores planos (Carielo *et al.*, 2016), concentradores cilíndrico-parabólicos (Bigoni *et al.*, 2014; Sakhrieh *et al.*, 2016), concentradores tipo Fresnel (Domingos *et al.*, 2019), concentradores parabólicos compostos (Navntoft *et al.*, 2008), etc., com diferentes áreas de coleta. Diferentes tipos de controle de vazão, que permitem o armazenamento da água já tratada para uso posterior e a admissão de nova carga de

água contaminada no recipiente de pasteurização, também já foram usados: diferença de densidade entre porções de água a diferentes temperaturas (Duff e Hodgson, 2005); válvulas termostáticas, que abrem quando determinada temperatura é atingida e fecham quando temperatura cai (Bigoni *et al.*, 2013); e válvulas solenoides (El Ghetany e Dayem, 2010).

Recentemente, Carielo *et al.* (2017) observaram que o uso de sistemas de vazão baseados em diferenças de densidade e válvulas termostáticas não garante um bom controle do tempo de pasteurização, e da temperatura à qual a água foi mantida durante esse tempo. Outra desvantagem que apontam no uso de válvulas termostáticas é que só é possível acionar o escoamento da água pasteurizada a uma única temperatura. Propuseram então um sistema microcontrolado que usa válvulas solenoides e estabelece vários *set points* de temperatura, cada um com um tempo de pasteurização pré-programado. A cada vez que a temperatura chega a um dos *set points* um contador é acionado. Se a temperatura ficar abaixo da temperatura do último *set point* atingido, o respectivo contador é pausado, e só volta a ser incrementado novamente após a temperatura voltar a ser igual ou superior a desse *set point*. Se a água permanecer a uma temperatura maior ou igual a do *set point* pelo respectivo tempo pré-programado, a válvula de saída libera a água pasteurizada e a de entrada admite uma nova carga de água contaminada. Nessas condições de garantia estrita de tempo e temperatura de pasteurização, usando um coletor plano com capacidade para 2 l de água e abertura de 2 m² o sistema chegou a uma produção diária máxima de 80 litros de água pasteurizada (Carielo *et al.*, 2017).

Nesse artigo, considera-se a aplicação do esquema de controle proposto por Carielo *et al.* (2017) a um pasteurizador solar baseado em outro tipo de coletor, um concentrador cilíndrico-parabólico, com eficiência otimizada para as condições de irradiação normal direta de Mossoró-RN, e estima-se a produção diária máxima de água pasteurizada para essas condições. Primeiro, são apresentadas características do concentrador e o modelo usado para a otimização. A seguir, apresenta-se um pseudocódigo e considerações sobre o controle de vazão, e pseudocódigos e considerações sobre o seguidor solar, indispensável para esse tipo de concentrador. Finalmente, são apresentados os resultados da otimização e das estimativas de produção diária e são discutidos esses resultados.

2 | CARACTERÍSTICAS E MODELAGEM DO CONCENTRADOR

Para o desenvolvimento do modelo matemático que descreve o perfil da calha e posteriormente realizar sua modelagem, foram analisadas as variáveis nos aspectos ambiental ou climático e construtivo, avaliando a influência de todos esses parâmetros no intuito de gerar uma geometria que forneça maior eficiência ao sistema, aumentando a quantidade de água tratada.

2.1 Parâmetros geométricos

Dentre todas as superfícies cônicas, as parábolas se destacam quanto às suas propriedades geométricas, sendo a mais peculiar delas a convergência de qualquer reta que toque sua superfície interna diretamente em um ponto – no caso de uma superfície plana – ou em uma linha – perfis cilíndrico-parabólicos – respectivamente conhecidos como foco e linha focal. A equação 1 define esse tipo de geometria no plano.

$$y = \frac{1}{4f} x^2 \quad (1)$$

Em se tratando superfícies refletoras com esse perfil, existem diversos parâmetros a considerar ao projetar para que se atenda as condições de serviço, destacando-se o comprimento da calha (l), sua largura ou abertura (a), distância focal (f) e o ângulo de borda (ψ).

O comprimento e a abertura da calha são fatores que determinam a área de abertura. Tais variáveis estão diretamente ligadas a quantidade de energia captada e devem ser dimensionadas ponderando custos com materiais e a massa da estrutura. Além disso, a escolha deve estar diretamente ligada ao fator de concentração geométrica (CG), ilustrado na Fig. 1, definido como a razão entre a área de abertura ($A_{ap,c}$) e a área de recepção ($A_{ap,r}$), que é a área da superfície externa do tubo coletor.

$$CG = \frac{A_{ap,c}}{A_{ap,r}} \quad (2)$$

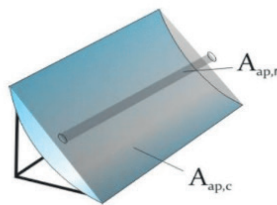


Figura 1 - Representação das áreas de abertura ($A_{ap,c}$) e recepção ($A_{ap,r}$) (Günther *et al.*, 2016).

No que tange à distância focal, sua influência está ligada ao grau de concavidade que terá a seção da cônica, como mostrado na Fig. 2. À medida que aumenta, a parábola se aproxima de uma reta, enquanto que a distância entre o tubo receptor e a calha aumentará, incrementando perdas térmicas no processo de concentração devido a remoção de calor

por convecção do ar nas vizinhanças. No entanto, se a distância focal for muito pequena, também haverá perda de eficiência, já que feixes incidentes nas bordas da calha percorrem trajetos maiores e, conseqüentemente, se espalham mais até chegar ao tubo coletor.

Em se tratando do ângulo de borda, sua influência no projeto se mostra inversa às considerações feitas para o foco. Mantendo a abertura constante, variando distância focal e ângulo de borda, como mostrado na Fig. 2, é facilmente observado o comportamento proposto para tais parâmetros.

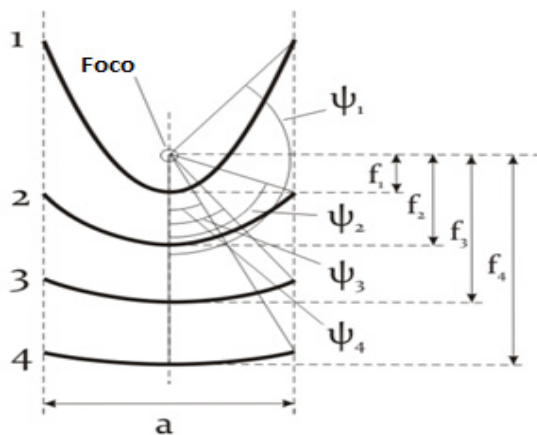


Figura 2 - Formato de seção parabólica variando foco e ângulo de borda (Günther *et al.*, 2016).

2.2 Material reflexivo

Para o material reflexivo, devem ser analisadas a resistência às intempéries como o vento e a umidade, a capacidade de refletir luz solar e seu custo. Nesse sentido, são filtrados dois materiais que atendem às exigências, os filmes de alumínio e os filmes de espelho baseados em prata. Apesar do primeiro material apresentar refletividade menor que a prata nos comprimentos de onda mais energéticos da radiação solar segundo Jagoo (2013), é facilmente moldável a superfícies com geometria complexa e custa bem menos que os filmes de prata. Portanto, é cabível a escolha dos filmes de alumínio.

2.3 Tubo coletor

O tubo coletor deve ser confeccionado a partir de um material que assegure boa transferência térmica sem grandes perdas por irradiação ou convecção e que ainda assim seja economicamente viável. No entanto, materiais que agregam todas as características físicas desejadas são dispendiosos, o que leva, na maioria das aplicações, ao uso de tubos com alta absorvância e baixa emissividade envoltos em um invólucro de vidro ou acrílico, materiais que apresentam boa transmissibilidade e baixa refletividade de acordo com

Penafiel (2011). Apesar desse artifício acrescentar perdas óticas ao sistema, potencializa o ganho térmico ao limitar transferência térmica por irradiação e condução. Nesse sentido, utilizou-se uma liga de alumínio (6065-T6) para o tubo absorvedor e acrílico para o invólucro.

2.4 Eficiência dos concentradores

Existem vários modelos teóricos que avaliam a eficiência (η) de um coletor solar, mas nenhum deles abrange de forma integral todas as variáveis incluídas na análise devido ao grau de complexidade que envolve correlacioná-las. De forma geral, as equações que quantificam tal grandeza se baseiam na fração da potência que incide no plano de abertura do coletor (\dot{Q}) pela que chega ao tubo do concentrador (\dot{q}).

$$\eta = \frac{\dot{q}}{\dot{Q}} \quad (3)$$

Admitindo que haja um sistema de rastreamento suficientemente calibrado que minimize as perdas por grandes ângulo de incidência, é possível estimar a quantidade de calor que adentra o sistema através de uma relação simples entre a irradiação direta incidente (G) em certo intervalo de tempo e a área de abertura da calha (A).

$$Q = \left(\int_{t_1}^{t_2} G dt \right) \cdot A \quad (4)$$

Ao contrário da energia fornecida, a potência útil é sensível à diversos parâmetros físicos. Dentre os mais relevantes estão: a reflectância do material da calha (ρ), a transmitância do invólucro do coletor (τ), a absorbância do coletor (α), o coeficiente de transferência térmica por convecção entre o ar e o invólucro (h), do fator concentração geométrica da calha (CG), da diferença de temperatura entre o fluido aquecido (T_c) e o ambiente (T_a) e da emissividade do coletor (ε). Uma das equações que relaciona de forma mais concreta todas essas variáveis baseia-se na norma ASHRAE 93-2010 que elenca metodologias para ensaios de eficiência em concentradores solares.

$$\dot{q} = G\tau\rho\alpha - \frac{h(T_c - T_a)}{CG} - \varepsilon\sigma T_c^4 \quad (5)$$

2.5 Modelo para otimização

Com base na equação para eficiência apresentada, é possível montar um modelo um tanto quanto abrangente para determinar quais as dimensões de calha fornecem a melhor resposta quando submetidas a certa condição solar. Definidas grandezas óticas e térmicas

que dependem da escolha dos materiais e das condições ambientais do local da instalação, resta estipular uma faixa de temperatura sob a qual os principais microorganismos presentes na água se degradem. Assim, é possível variar o fator de concentração geométrica da calha e definir qual é a melhor calha associada ao seu tubo coletor para tais condições de contorno. Nesse sentido, se torna conveniente correlacionar com o o máximo de parâmetros da seção parabólica para analisar sua influência no processo de otimização. Isso pode ser feito expressando a abertura do concentrador em função de tais variáveis. Usando geometria analítica simples, é possível estabelecer tais equações. A abertura da parábola como função do ângulo de borda, é dada pela equação (6) (Günther *et al.*, 2016):

$$a = f \left(-\frac{4}{\operatorname{tg}(\psi)} + \sqrt{\frac{16}{\operatorname{tg}^2(\psi)} + 16} \right) \quad (6)$$

Logo, a área de abertura é o produto entre o comprimento da calha (l) e a sua abertura (a):

$$A = l \cdot f \cdot \left(-\frac{4}{\operatorname{tg}(\psi)} + \sqrt{\frac{16}{\operatorname{tg}^2(\psi)} + 16} \right) \quad (7)$$

Sendo assim, o fator de concentração geométrica pode ser obtido usando (7) em (2):

$$CG = \left(\frac{f \cdot \left(-\frac{4}{\operatorname{tg}(\psi)} + \sqrt{\frac{16}{\operatorname{tg}^2(\psi)} + 16} \right)}{\pi \cdot d} \right) \quad (8)$$

Aplicando essas equações ao modelo em função do intervalo de tempo analisado (Δt), tem-se:

$$\eta = \frac{\left(\int_{t_1}^{t_2} G dt \right) \tau \rho \alpha - \frac{h \Delta t (T_c - T_a)}{CG} - \varepsilon \Delta t \sigma T_c^4}{\left(\int_{t_1}^{t_2} G dt \right)} \quad (9)$$

3 | CONTROLE DE VAZÃO E PASTEURIZAÇÃO

O processo de inativação térmica de um patógeno possui um tempo mínimo de exposição determinado pela temperatura na qual o tratamento ocorre. O conjunto de valores de tempos de exposição e temperaturas para os quais o número de indivíduos de determinado patógeno sofre uma redução minimamente satisfatória para se determinar a pasteurização é chamada de curva de inativação. Uma das formas de garantir a pasteurização é estabelecer pontos de tempo e temperatura que se encontrem acima das curvas de inativação dos patógenos que se deseja eliminar. Os microrganismos *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e coliformes, mostram inativação total para os pontos 3600 s à 55°C; 2700 s à 60°C; 1800 s à 65°C; 900 s à 75°C e 15 s à 85°C (Carielo *et al.*, 2017).

Tendo em vista os requisitos exigidos, o sistema de controle de vazão tem como função separar uma porção da água em tratamento em um recipiente por um tempo até que um dos pontos pré-estabelecidos seja atingido.

Para manter este controle devem ser utilizados sensores termopar a prova d'água para a medição contínua da temperatura e válvulas solenoides para o controle do fluxo de água, ambos acionados por um microcontrolador Arduino, o qual segue a rotina mostrada na Figura 3. Após preenchido o recipiente coletor de energia solar, é iniciada a leitura de temperaturas. Cada uma das temperaturas de inativação supracitadas, tem um contador atrelado a ela. Enquanto a temperatura medida for superior à do ponto de inativação o contador permanece tendo seu valor incrementado. Ao atingir o tempo de inativação necessário a válvula de escoamento é aberta por tempo suficiente para esvaziar o tubo coletor, e depois essa válvula se fecha e a de alimentação é aberta, dando início a um novo ciclo.

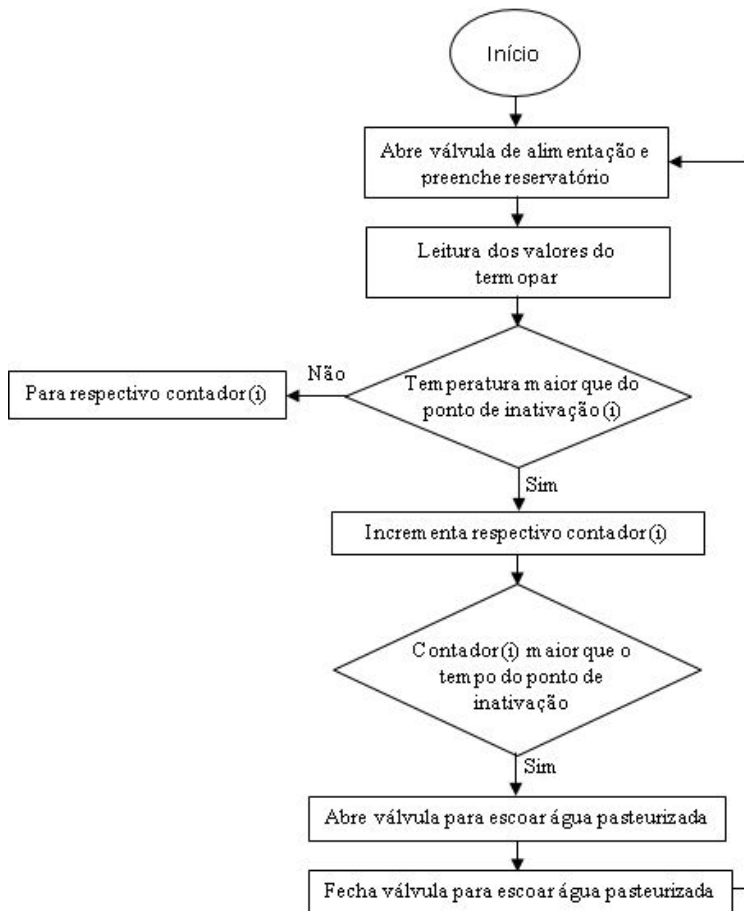


Figura 3 – Pseudocódigo para controle de vazão.

4 | SEGUIDOR SOLAR E ALIMENTAÇÃO

4.1 Seguidor solar

O sistema de rastreamento solar desenvolvido consiste em três partes: o dispositivo de movimentação dos eixos, os sensores e a unidade de controle.

Dispositivo de movimentação dos eixos. Para um sistema de movimentação de dois eixos, a configuração consiste em dois motores de passo, um para cada eixo. Sendo assim, um motor fica na posição horizontal e outro na posição vertical. A Figura 4-a ilustra o sistema de posicionamento dos motores.

Sensores. O LDR (*Light Dependent Resistor* ou Resistor Dependente de Luz), é um dispositivo eletrônico passivo capaz de variar sua resistência elétrica conforme a intensidade de luz que incide sobre ele. Para conseguir medir a variação de luz obtida a

partir do LDR, podemos utilizar da propriedade do divisor de tensão e medir a variação da queda de tensão no elemento (McRoberts, 2011). Dessa maneira, um terminal do LDR é conectado a alimentação, o outro terminal é conectado à porta de leitura analógica, onde, no mesmo ponto é conectado um resistor para ser formado o divisor de tensão. Para o seguidor solar de dois eixos, adota-se um sistema com quatro LDRs divididos por um material opaco em quatro setores, conforme mostra a Figura 5-a. Um seguidor solar de um eixo (e um motor, como na Fig. 4-b), mais simples e econômico, que usa apenas dois sensores, é ilustrado na Figura 5-b.

Quando o sistema não está mais alinhado com o Sol, um ou mais dos LDRs estarão sombreados mandando a informação para unidade de controle corrigir o alinhamento.

Unidade de controle. O Arduino é uma plataforma de hardware e software aberto que possibilita praticamente que qualquer pessoa consiga realizar um projeto com eletrônica (McRoberts, 2011). Devido a sua alta difusão entre a comunidade e grande documentação, realizar um projeto com Arduino se torna mais prático e rápido, embora que ao necessitar de algo mais escalável industrialmente é recomendado adotar outras plataformas. O Arduino Uno possui seis portas analógicas, quatorze portas digitais, sendo seis delas PWM, conexões GND e de 5 V, além de outras entradas e acessórios que podem ser incorporados para aumentar sua abrangência. Toda programação é feita em uma linguagem própria baseada em C++, onde cada elemento eletrônico possui uma biblioteca para facilitar o desenvolvimento do código.

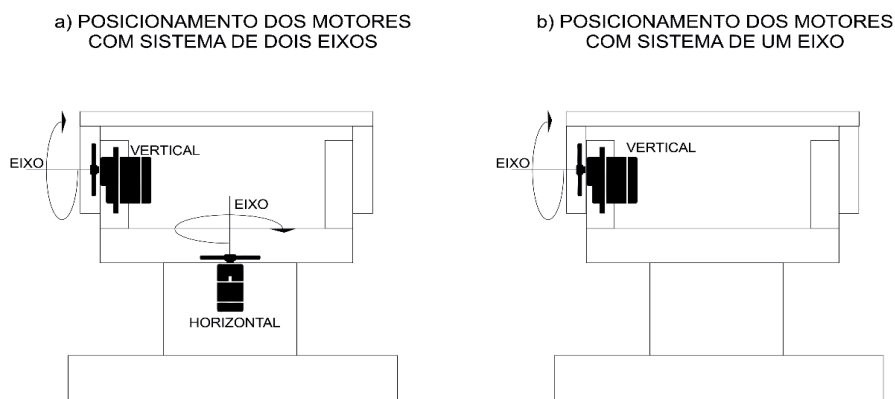
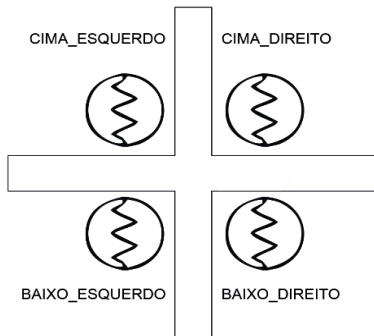


Figura 4 - Posicionamento dos motores.

a) VISTA DE TOPO DO ARRANJO PARA DOIS EIXOS



a) VISTA DE TOPO DO ARRANJO PARA UM EIXO

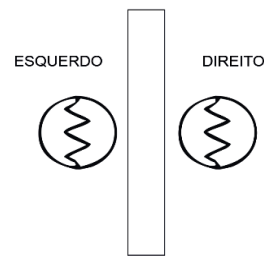


Figura 5 - Vista de topo do arranjo de LDRs.

Seguidor solar com um eixo. A utilização de dois eixos para o seguidor solar traz um custo de dois motores e um arranjo de sensores mais complexo, e, na maioria das vezes, o ganho obtido em seguir o sol através dos dois eixos não compensa o maior gasto. Um sistema mais simples e mais barato de rastreamento solar, com apenas um grau de liberdade, reduzindo o número de motores para um (Figura 4-b) e o arranjo de LDRs (Figura 5-b), pode ser usado.

Algoritmo. O algoritmo necessário para o funcionamento está representado em pseudocódigo na Figura 6.

4.2 Alimentação

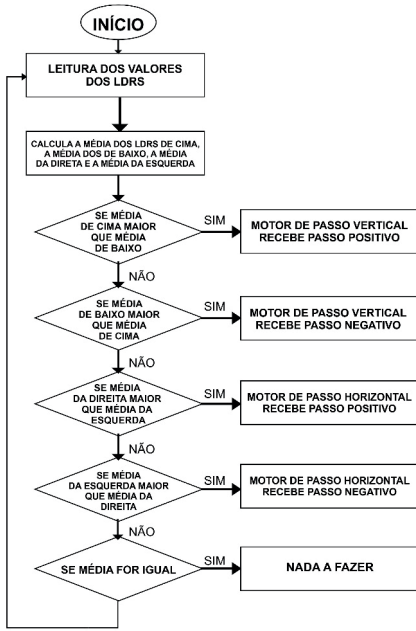
Para um sistema que utiliza o sol como fonte de energia, optou-se por abastecê-lo através de placas fotovoltaicas, que entregariam a energia necessária para a alimentação do motor, sistema de válvulas e sistema de controle. Para dimensionar um sistema de abastecimento isolado corretamente é necessário traçar uma curva de demanda, onde essa, consiste no comportamento do consumo de energia pelo sistema utilizado. Para traçar essa curva de demanda foram consideradas as potências fornecidas pelo fabricante de cada equipamento e testes individuais de demanda podem ser realizados.

Assim, utilizando os dados de potência do motor e quantas horas ele estaria em uso, com a potência das válvulas e o tempo de uso e a demanda da unidade de controle e o tempo de uso, foi possível traçar o consumo previsto para o sistema durante o dia, isso aliado ao número de bateladas realizadas pelo sistema (CRESESB, 2014).

Dessa forma foi obtida a energia total demandada pelo pasteurizador. Com a utilização do software Radiasol 2 para conseguir os dados de insolação na região, foi possível determinar a potência do módulo fotovoltaico capaz de suprir a demanda de

energia consumida pelo sistema durante o dia.

a) PSEUDOCÓDIGO PARA SISTEMA COM DOIS EIXOS



b) PSEUDOCÓDIGO PARA SISTEMA COM UM EIXO

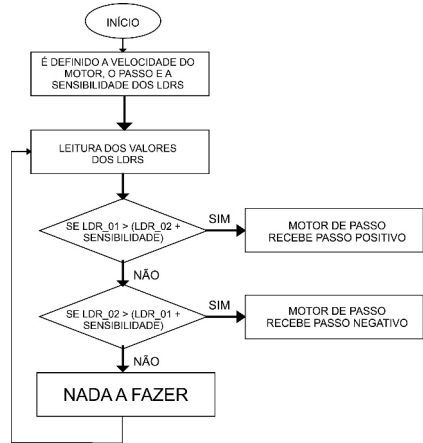


Figura 6 – Pseudocódigos para os seguidores solares.

5 | SIMULAÇÕES E RESULTADOS

Definido o modelo, é preciso estabelecer as condições sob as quais será utilizado e a faixa de valores para as variáveis envolvidas, buscando o projeto mais compacto e eficiente possível. Na Tab.1 elencam-se esses parâmetros. Todas as constantes foram estabelecidas de acordo com as literaturas que trazem-nas para cada material ou condições propostas.

Variável	Intervalo ou valor	Material/condição
Transmitância do invólucro (τ)	0,92	Acrílico
Refletância da calha (ρ)	0,95	Filme de alumínio
Absorbância do coletor (α)	0,97	Alumínio
Emissividade do coletor (ε)	0,90	Alumínio (pintado de preto)
Coefficiente de convecção (h)	10 $W/(m^2K)$	30 °C de diferença coletor e invólucro

Ângulo de borda (ψ)	$45^\circ \leq \psi \leq 90^\circ$	-
Diâmetro do coletor (d)	$12,5 \text{ mm} \leq d \leq 25,4 \text{ mm}$	-
Comprimento focal (f)	$0,2 \text{ m} \leq f \leq 1,5 \text{ m}$	-
Temperatura do ambiente (T_a)	$30^\circ\text{C} \leq T_a \leq 40^\circ\text{C}$	-
Temperatura do coletor (T_c)	$70^\circ\text{C} \leq T_c \leq 100^\circ\text{C}$	-

Tabela 1- Condições de contorno para a otimização.

Em se tratando da irradiação direta, obtiveram-se os dados para a cidade de Mossoró através do software Radiasol para o mês com maior irradiação diária de 2019, no caso outubro. A Fig. 5 apresenta tais dados.

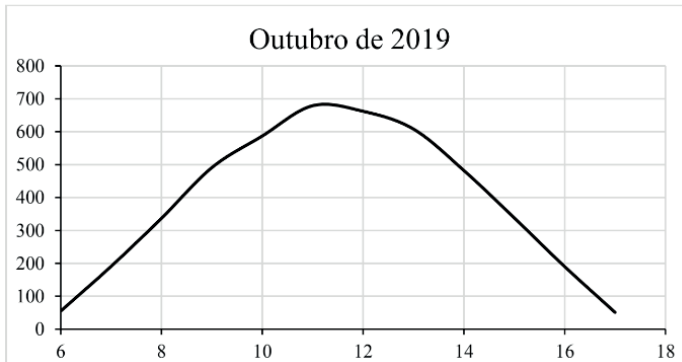


Figura 7 - Irradiação solar média por hora no dia de maior insolação de outubro.

Para a otimização, serão utilizados os dados do mês com maior irradiação média, ou seja, outubro. Pelo gráfico, observa-se que o pico de DNI ocorre entre às 10 h e 12 h. Portanto, a energia total disponível neste intervalo corresponde área sob a curva. Integrando a curva no intervalo estabelecido, obtém-se a irradiação total no período.

$$G \cong 4709 \text{ kJ/m}^2$$

Em posse dos dados, utilizou-se a ferramenta para solução de problemas de otimização do software *MatLab*, mais precisamente, a rotina *fmincon*, baseada em uma lógica que usa o método dos pontos interiores. Além das condições propostas, foi atribuída

às entradas da rotina uma restrição para garantir que a abertura da calha não ultrapassasse de comprimento, assegurando o formato compacto.

As respostas foram obtidas depois de 42 iterações, satisfazendo uma tolerância . Nessas condições, os parâmetros obtidos para maior eficiência são representados na Tab. 2.

Variável	Valor
Eficiência (η)	28,573 %
Ângulo de borda (ψ)	64,5251°
Diâmetro do coletor (d)	12,501 mm
Comprimento focal (f)	0,6137 m
Temperatura do ambiente (T_a)	39,9969 °C
Temperatura do coletor (T_c)	70 °C

Tabela 2 - Variáveis obtidas na otimização.

Com esses dados é possível definir qual será a parábola da seção através da equação 10.

$$y = 0,407365162x^2 \quad (10)$$

Por fim, uma maneira de calcular a quantidade de água pasteurizada é dada por uma relação entre as quantidades de calor necessárias para aquecê-la à 70 °C e manter por 15 min, condições mínimas para pasteurizar segundo (Carielo *et al.*, 2017). A energia necessária para tal (Q_e) pode ser estimada pela equação 11,

$$Q_e = mc\Delta T + \epsilon dl\sigma \left[\frac{(T_{final}^4 - T_{inicial}^4)mc\Delta T}{P_u} + T_{final}^4 \Delta t \right] \quad (11)$$

onde m representa a massa de água tratada naquele instante, c o calor específico da água, ΔT a variação de temperatura da água, T a temperatura do coletor aquecido, Δt o intervalo de tempo associado (15 min), l e a , são respectivamente, abertura e comprimento da calha e P_u a potência média útil. Isolando a massa, tem-se:

$$m = \frac{(Q_e - \varepsilon dl \sigma T_{final}^4 \Delta t) P_u}{c \Delta T [\varepsilon dl \sigma (T_{final}^4 - T_{inicial}^4) + P_u]} \quad (12)$$

Novamente devido a premissa de ser compacta e ao fato da influência do comprimento ser trivial em comparação a seção parabólica, adotou-se um valor de 1,5 m. Em geral, a eficiência condiz com coletores de pequeno porte já desenvolvidos utilizando critérios semelhantes, como feito por (Silva, 2015) que obteve 27,7% de eficiência. Na Fig. 8, são apresentadas as quantidades de água obtidas para a calha proposta neste trabalho em função do valor médio diário de DNI para os dias com maior irradiação em cada mês do ano de 2018 para a cidade de Mossoró. Os dados foram obtidos através do *software* Radiasol 2 desenvolvido pelo Laboratório de Energia Solar da UFRGS.

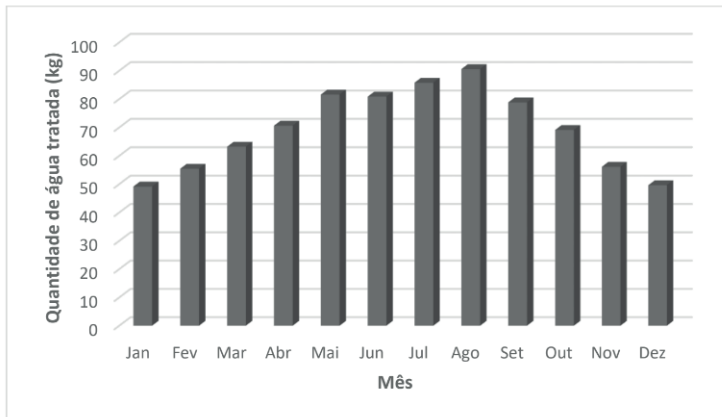


Figura 8 - Quantidade de água pasteurizada.

Bigoni *et al.* (2014) fizeram testes com pasteurização de água utilizando um coletor cilíndrico parabólico na cidade de Dübendorf na Suíça, obtendo no máximo 66 litros do líquido pasteurizado por dia, com um concentrador de 5,7 m² de abertura e uma válvula termostática que abria a 87°C. Carielo *et al.*, usando um coletor plano de 2 m² de área, chegaram a produzir um máximo de 80 l. Da Fig. 8 observamos que a produção teórica do pasteurizador proposto ultrapassa os 80l com a DNI diária máxima mensal em quatro meses, tendo podido chegar a 90 l no mês de agosto de 2018.

6 | CONCLUSÕES

Propõe-se um pasteurizador solar com concentrador cilíndrico-parabólico e controle automático de vazão. Apresentamos pseudocódigos usados no controle do seguidor solar e no controle automático de vazão, seguindo a proposta de Carielo *et al.* (2017) para efetivo controle de temperaturas e tempos de pasteurização. Fazendo uma otimização de parâmetros geométricos do concentrador calculamos uma eficiência ótima e calculamos a quantidade teórica máxima de água que o pasteurizador poderia produzir por dia em cada mês de 2018, com uma temperatura de pasteurização de 70°C, chegando a um valor máximo diário de 90 l no mês de agosto de 2018.

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho foi desenvolvido com o apoio da UFERSA por meio dos editais PROPPG/UFERSA 19/2018, IC 05/2018 e IC 11/2019.

REFERÊNCIAS

ANSI/ASHRAE 93-2010 (2010). **Methods of testing to determine the thermal performance of solar collectors**, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, p. 42.

Bigoni, R. *et al.*, 2014. **Solar water disinfection by a Parabolic Trough Concentrator (PTC): flow-cytometric analysis of bacterial inactivation**, Journal of Cleaner Production, v. 67, pp. 62-71.

Borde, P., Elmusharaf, K., McGuigan K. G., Keogh, M. B., 2016. **Community challenges when using large plastic bottles for Solar Energy Disinfection of Water (SODIS)**, BMC Public Health, v.16, 931.

Carielo, G., Calazans, G., Lima, G., Tiba, C., 2017. **Solar water pasteurizer: Productivity and treatment efficiency in microbial decontamination**, Renewable Energy, v. 105, pp. 257-269.

Carielo, G.; Calazans, G.M.T.; Tiba, C., 2016. **Solar pasteurizer for the microbiological decontamination of water**, Renewable Energy, v. 87, pp. 711-719.

Ciochetti, David A.; Metcalf, Robert H., 1984. **Pasteurization of Naturally Contaminated Water with Solar Energy**, Applied and Environmental Microbiology, v. 47, n. 2, pp. 223-228.

CRESESB, 2014. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**, CEPEL, Rio de Janeiro.

DATASUS, 2012. **Indicadores e Dados Básicos - Brasil – 2012. Datasus**. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tdb2012/matriz.htm#mort%20>>. Acesso em 17/04/2018.

Domingos, M.; Sanchez, B.; Vieira-da-Motta, O.; Samarão, S. S.; Canela, M. C., 2019. **A new automated solar disc for water disinfection by pasteurization**, Photochemical and Photobiological Sciences, v. 18, pp. 905-911.

Duff, W. S., Hodgson, D. A., 2005. **A simple high efficiency solar water purification system**, Solar Energy, v. 79, n. 1, pp. 25-32.

El Ghetany, H.H., Dayem, A., 2010. **Numerical simulation and experimental validation of a controlled flow solar water disinfection system**, Desalination and Water Treatment, v. 20, pp. 11-21.

Feachem, Richard; Mara, D. Duncan; Bradley, David J., 1983. **Sanitation and disease**. Washington DC, USA, John Wiley & Sons.

Günther, M., Joemann, M., Csambor, S., (Org.) 2016. **Parabolic Trough Technology**, Advanced CSP Teaching Materials. Deutsches Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V.; Institut für Elektrische Energietechnik - Universität Kassel.

Jagoo, Z., 2013. **Tracking Solar Collectors: A Low Budget Solution**, pp. 54-55, Springer.

McRoberts, M., 2011. **Arduino Básico** - Novatec Editora.

Navtoft C.; Ubomba-Jaswa, E.; McGuigan, K.G.; Fernández-Ibáñez P., 2008. **Effectiveness of solar disinfection using batch reactors with non-imaging aluminum reflectors under real conditions: natural well-water and solar light**, Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, v. 93, n. 3, pp. 155–161.

Penafiel, R. A. S., 2011. **Cenários de geração de eletricidade a partir de geradores heliotérmicos no Brasil: a influência do armazenamento de calor e da hibridização**. Dissertação de Mestrado - UFRJ.

Sakhrieh, A. *et al.*, 2016. **Water disinfection using CSP technology**, International Journal of Applied Engineering Research, v. 11, n. 15, pp. 8673-8680.

Silva, L. P. L., 2015. **Desenvolvimento de um coletor solar cilíndrico parabólico para baixas e médias temperaturas**. Dissertação de Mestrado, UFCG.

Tyrrel, Rex M., 1976. **Synergistic lethal action of ultraviolet-violet radiations and mild heat in Escherichia coli**, Photochemistry and Photobiology, v. 24, n. 4, pp. 345-351.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aprendizagem 33, 238, 239, 251, 332, 350, 351, 352, 357, 359, 361, 362

ATP 156, 157, 158, 159, 170, 171, 173, 176, 177, 179, 189, 191, 192, 195, 196, 198, 255

Autonomia veicular 221

B

Backflashover 157, 163, 169, 170, 171, 172, 181, 182, 183, 184, 185, 190

C

Cargas Variáveis 76, 92

Célula fotovoltaica 61, 115, 116, 129, 145

Confiabilidade 2, 142, 143, 145, 151, 152

Conversores 8, 58, 59, 85, 86, 207, 208, 214, 216, 219

D

Dados Meteorológicos 38, 42, 44, 54

Descarbonização 14, 16, 17, 18, 23

Descargas Atmosféricas 156, 157, 170, 171, 174, 176, 183, 185, 189, 191, 193, 195, 204

Desempenho 5, 7, 6, 7, 47, 54, 76, 77, 78, 80, 86, 91, 92, 113, 117, 125, 127, 142, 145, 147, 151, 153, 157, 170, 171, 172, 176, 178, 185, 190, 197, 208, 212, 219, 224, 225, 226, 229, 232, 233, 234, 237, 251, 320, 321, 322, 323, 332, 348, 349, 395, 400, 402, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 413

Desenvolvimento 6, 1, 2, 15, 16, 17, 23, 24, 25, 28, 30, 31, 37, 38, 42, 45, 51, 76, 94, 111, 114, 130, 143, 153, 208, 209, 212, 213, 219, 220, 223, 229, 236, 252, 258, 263, 264, 268, 269, 275, 277, 282, 289, 296, 307, 308, 320, 322, 323, 333, 334, 348, 351, 352, 357, 361, 364, 365, 367, 368, 370, 372, 374, 376, 388, 389, 391, 398, 400, 404

E

Eficiência Energética 6, 16, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 45, 209, 219, 222, 237, 363, 365, 367, 374, 378, 380, 387, 390

Energia fotovoltaica 7, 40, 77, 96, 113, 129, 130, 131, 135, 137, 374

Energia Solar 16, 30, 33, 34, 44, 45, 46, 47, 49, 51, 55, 56, 77, 78, 95, 130, 133, 138, 140, 141, 143, 152, 208, 219, 287, 294, 297, 298, 301, 308, 320, 335, 336, 337, 341, 344

F

Fontes Renováveis 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 77, 115, 131, 143

Frenagem Regenerativa 8, 221, 222, 223, 236, 237

G

Geração de Trajetória 239

GMPPT 57, 58, 75

I

Inversores 8, 136, 138, 207, 208, 210

Irradiação Incidente 44, 55

M

Manipulador Robótico 238, 239

Módulo fotovoltaico 62, 76, 77, 78, 84, 90, 91, 117, 119, 129, 131, 145, 146, 150, 151, 290

Módulos Fotovoltaicos 7, 33, 34, 61, 62, 63, 76, 77, 79, 83, 92, 99, 107, 110, 117, 122, 124, 130, 131, 135, 142, 143, 145, 146, 147, 149, 151, 152, 153

P

Painéis Fotovoltaicos 7, 44, 47, 51, 55, 76, 77, 83, 97, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 139, 140

Parâmetros elétricos do solo 156, 170, 171, 172, 180, 181, 182, 184, 185, 191, 198, 200, 201, 203

Permissividade do solo 157, 171, 178, 185, 189, 190, 197, 203

Pesquisa 5, 6, 23, 25, 29, 30, 31, 34, 37, 40, 41, 42, 43, 56, 96, 132, 143, 152, 222, 266, 268, 276, 277, 278, 298, 305, 350, 352, 362, 371, 372, 375, 379, 381, 382, 398, 400, 404

Planejamento de Caminho 239

Prevenção de Colisão 239

Q

Qualidade de Energia 41, 113

R

Reforço 238, 239, 361

Resistividade do solo 156, 157, 170, 171, 172, 173, 177, 181, 182, 183, 184, 185, 189, 190, 191, 192, 193, 196, 198, 200, 203, 204

Robótica 1, 251

S

Sensores 6, 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 11, 12, 39, 40, 58, 59, 66, 80, 104, 105, 119, 208, 287, 288, 289, 290, 300, 396, 403

Setor Elétrico 6, 14, 24, 25, 26, 27, 37

Sinais 1, 2, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 28, 105, 213, 215, 216, 254, 256, 259, 266, 267, 271, 275,

279, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 412

Sistemas de aterramento 157, 170, 171, 177, 190, 191, 196, 198, 203

Sistema Solar Fotovoltaico (FV) 113

Sombreamento Parcial 6, 57, 58, 60, 62, 64, 65, 74, 84

SPPMG 57, 58, 59, 60, 63, 70, 71, 72, 73, 74

T

Topologia de Estágio Único 113, 122, 126

Traçador de curva I-V 6, 76, 77

Transição Energética 6, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29

Trilhas de Caracol 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153

V

Veículo Elétrico 8, 207, 208, 209, 210, 212, 217, 219, 221, 222, 223, 224, 236, 237

ENGENHARIA ELÉTRICA: O MUNDO SOB PERSPECTIVAS AVANÇADAS

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENGENHARIA ELÉTRICA: O MUNDO SOB PERSPECTIVAS AVANÇADAS

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br