COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA MECÂNICA



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(ORGANIZADORES)

Atena Editora
Ano 2021

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA MECÂNICA



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(ORGANIZADORES)

Atena Editora
Ano 2021

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Assistentes editoriais
Natalia Oliveira
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Natália Sandrini de Azevedo
Camila Alves de Cremo
Luiza Alves Batista
Maria Alice Pinheiro
Imagens da capa
iStock
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.
Open access publication by Atena Editora

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
Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
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

Atena Editora
Ano 2021

Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
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
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
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. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
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

Atena Editora
Ano 2021

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 da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
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

Atena Editora
Ano 2021

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 Gonçalo 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 DrªFernanda 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 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

Atena Editora
Ano 2021

Coleção desafios das engenharias: engenharia mecânica

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Revisão: Os autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia mecânica / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-259-0
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.590212107

1. Engenharia mecânica. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. Título.
CDD 621

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

Atena Editora
Ano 2021

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

Atena Editora
Ano 2021

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce,* ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

Atena Editora
Ano 2021

APRESENTAÇÃO

A Engenharia Mecânica pode ser definida como o ramo da engenharia que aplica os princípios de física e ciência dos materiais para a concepção, análise, fabricação e manutenção de sistemas mecânicos. O aumento no interesse por essa área se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral. Além disso a busca pela otimização no desenvolvimento de projetos, leva cada vez mais a simulação de processos, buscando uma redução de custos e de tempo.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de mecânica, materiais e automação, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. A caracterização dos materiais é de extrema importância, visto que afeta diretamente aos projetos e sua execução dentro de premissas técnicas e econômicas. Pode-se ainda estabelecer que estas características levam a alterações quase que imediatas no projeto, sendo uma modificação constante na busca por melhores respostas e resultados.

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. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 1

MODELAGEM DE UM MANIPULADOR PARALELO 3RRR PARA INCLUSÃO DE ELOS FLEXÍVEIS

André Vecchione Segura
Fernanda Thaís Colombo
Maíra Martins da Silva

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121071

CAPÍTULO 2 9

MODELAGEM NUMÉRICA DE SUSPENSÃO DE ¼ DE VEÍCULO

Lucas Alves Torres
Lucas Messias Cunha de Araújo
João Gabriel Paulino de Souza

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121072

CAPÍTULO 3 20

OTIMIZAÇÃO PARAMÉTRICA DA SUSPENSÃO DE UM CAMINHÃO COM RESTRIÇÃO DE CONFIABILIDADE

José Gilberto Picoral Filho
Ewerton Grotti
Herbert Martins Gomes

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121073

CAPÍTULO 4 38

ANÁLISE DE FADIGA PARA OS AÇOS ABNT 1045 E ABNT 4140 PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

Brenda Martins Fernandes
Reny Angela Renzetti

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121074

CAPÍTULO 5 48

ANÁLISE PARAMÉTRICA DAS FREQUÊNCIAS DOMINANTES DE UM VIOLÃO ACÚSTICO

Marco Túlio Santana Alves
Felipe Iglesias

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121075

CAPÍTULO 6 56

VORTEX-INDUCED VIBRATIONS MODEL WITH 2 DEGREES OF FREEDOM OF RIGID CYLINDERS NEAR A FIXED WALL BASED ON WAKE OSCILLATOR

Rafael Fehér
Juan Pablo Julca Avila

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121076

CAPÍTULO 7 67

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE UM COLETOR SOLAR DE TUBO EVACUADO ECCÊNTRICO

Mavd de Paula Ribeiro Teles
Kamal Abdel Radi Ismail

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121077

CAPÍTULO 8 79

RADIÔMETRO SOLAR DE BAIXO CUSTO USANDO A PLATAFORMA ABERTA ARDUINO

Elson Avallone
Cristiano Pansanato
Átila Negretti Faro
Dionísio Igor Alves da Silva
Jhonatas Wendel da Silva
Guilherme Biazzi Gonçalves
Mário César Ito
Rafael Paiva Garcia
Paulo César Mioralli

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121078

CAPÍTULO 9 92

TURBULENT FORCED CONVECTION IN THE THERMAL ENTRANCE OF RECTANGULAR DUCTS: ANALYSIS FOR DIFFERENT MODELS OF VELOCITY DISTRIBUTION AND MOMENTUM EDDY DIFFUSIVITY

Dhiego Luiz de Andrade Veloso
Carlos Antônio Cabral dos Santos
Fábio Araújo de Lima

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121079

CAPÍTULO 10 109

SELEÇÕES DE SUBSTITUIÇÃO EM UM ALGORITMO GENÉTICO DE CODIFICAÇÃO REAL APLICADO À OTIMIZAÇÃO DE UM CICLO RANKINE ORGÂNICO DE DUPLO ESTÁGIO

Guilherme de Paula Prado
Renan Manozzo Galante

https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210710

CAPÍTULO 11 124

DINÂMICA LINEAR PLANA DE UM TUBO ENGASTADO TRANSPORTANDO FLUIDO COM UMA MASSA ANEXADA NA EXTREMIDADE LIVRE

Milton Aparicio de Oliveira

https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210711

CAPÍTULO 12.....138

SENSOR CAPACITIVO PARA DETECÇÃO DE FRAÇÃO DE VAZIO EM ESCOAMENTO BIFÁSICO ÁGUA-AR

Anderson Giacomeli Fortes
Jeferson Diehl de Oliveira

https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210712

CAPÍTULO 13.....150

STUDY OF STATIC AND DYNAMIC LEVELS OF UNDERGROUND AQUIFER WELLS TO MAINTAIN THEIR BALANCE LEVEL IN THE PROVINCE OF ICA - 2014

Primitivo Bacilio Hernández Hernández
Omar Michael Hernández García
Aníbal Bacilio Hernández García
Jessenia Leonor Loayza Gutiérrez
Walter Merma Cruz
Marcos Luis Quispe Pérez
Edward Paul Sueros Ticona

https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210713

CAPÍTULO 14.....164

SISTEMAS COMPUTACIONAIS INTELIGENTES E CONTROLE AVANÇADO COM ÊNFASE EM MAPAS COGNITIVOS FUZZY EM SISTEMAS DINÂMICOS APLICADOS EM DIFERENTES ÁREAS, COM ÊNFASE EM ROBÓTICA

Márcio Mendonça
Marina Souza Gazotto
Marina Sandrini
Marta Rúbia Pereira dos Santos
Rodrigo Henrique Cunha Palácios
Fábio Rodrigo Milanez
Lillyane Rodrigues Cintra
Francisco de Assis Scannavino Junior
Wagner Fontes Godoy

https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210714

CAPÍTULO 15.....181

ROBÔ AUTÔNOMO PARA ESTACIONAMENTO

Lucas Netto Luzente de Almeida
Graziele Barreto da Costa Almeida
Heitor Gomes de Souza Batista
Armando Carlos de Pina Filho

https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210715

CAPÍTULO 16.....193

PROTOTIPAGEM RÁPIDA 3D APLICADA AO ÂMBITO UNIVERSITÁRIO

Vitória de Oliveira Mattos
Lucas Ruzzon de Jesus Ortega
Rafael Issao Fukai

Milena de Sousa Ferreira
João Pedro Monterani Laguna
Marcelo Sampaio Martins
https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210716

CAPÍTULO 17.....199

UMA SOLUÇÃO ANALITICA PARA EFEITOS MECANICOS EM TUMORES SÓLIDOS AVASCULARIZADOS
Francisco Jose Vargas da Silva
Fernando Pereira Duda
https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210717

SOBRE OS ORGANIZADORES 206

ÍNDICE REMISSIVO.....207

CAPÍTULO 7

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE UM COLETOR SOLAR DE TUBO EVACUADO ECCÊNTRICO

Data de aceite: 01/07/2021
Data de submissão: 05/05/2021

Mavd de Paula Ribeiro Teles
Universidade Estadual de Campinas,
Faculdade de Engenharia Mecânica
Campinas- São Paulo
http://lattes.cnpq.br/5030592589867588

Kamal Abdel Radi Ismail
Universidade Estadual de Campinas,
Faculdade de Engenharia Mecânica
Campinas- São Paulo
http://lattes.cnpq.br/2741276950055207

RESUMO: O modelo de coletor utilizado nesse estudo possui um absorvedor posicionado excentricamente, uma película refletiva na parte interna inferior do envelope e vácuo no espaço entre envelope e absorvedor. O modelo proposto baseia-se nas equações de conservação de massa, momentum e energia e as discretiza utilizando método de volumes finitos. Um código numérico foi desenvolvido para avaliar os parâmetros desejados. O código foi validado com dados experimentais e numéricos de outros estudos. A influência de parâmetros como absorvidade do absorvedor, refletividade da superfície refletiva e raio do absorvedor em relação a eficiência foram avaliados. Efeitos de sistemas de rastreio do sol na eficiência também foram avaliados. Os resultados mostraram que uma queda de 20% na absorvidade do absorvedor gera 15% de redução da eficiência do coletor.

PALAVRAS - CHAVE: Energia solar, Método de volumes finitos, Energia renovável.

PARAMETERS EVALUATION OF AN ECCENTRIC EVACUATED TUBE SOLAR COLLECTOR

ABSTRACT: The studied model collector has an absorbing tube eccentrically positioned inside a glass cover tube which has a reflective film insert on its inner surface and vacuum in eccentric annular space. The proposed model is based on the conservation equations of mass, momentum and energy and discretized by using the finite volumes method. A home-built numerical code is developed to evaluate the desired parameters. This code is validated against available experimental and numerical results. The influence on the efficiency of parameters such as absorptivity of the absorber tube, reflectivity of the reflecting surface and radius of the absorber tube will be evaluated. Effects of the tracking systems in the thermal efficiency are also evaluated. The results showed that a 20% drop in the absorber's absorptivity can generate a 15% reduction in collector efficiency.

KEYWORDS: Solar energy, Finite volume method, Renewable energy.

1 I INTRODUCTION

The Paris agreement has established a commitment among countries to keep the global average temperature rise at well below 2 °C above pre-industrial levels. One of the sectors

with the highest percentage of contribution to this goal is the energy sector. Due to its high availability, solar energy has a large share of contribution in the energy sector. The solar energy can be used to generate electric power, heat and also for cooling. According to Chopra et al. (2018) among numerous applications of solar energy, water heating, space heating and cooling are consuming more energy and among all thermal collectors for low/ medium temperature, the evacuated tube collector have the best efficiency. However, according to Sabiha et al. (2015) there are still challenges and developments that need to be developed to make solar energy competitive, such as the efficiency of energy collected and storage.

A quick literature review shows that evacuated tube solar collectors received a lot of research attention which led to models and diversificated applications. For example, Singh et al. (2013) in a solar still integrated with evacuated tube collector in natural mode and the variation of instant overall energy and exergy efficiencies found is the range of 5.1–54.4% and 0.15–8.25% respectively. Sharma and Diaz (2011) investigated numerically the thermal performance of a solar collector based on minichannel. The minichannel-based collector generates an increase in heat transfer area between the absorber and the working fluid and the decrease in absorber resistance of the minichannel-based collector this generate an increase in efficiency in comparation with other collectors' models.

Mahbubul et al. (2018) analyzed the effect of Single Walled Carbon Nanotube-water nanofluid on the efficiency of evacuated tubes solar collectors. Efficiency using water without addition of nanofluid showed a 56.7% efficiency result. Already using nanofluid 0.2 vol% for the same operating conditions resulted in an efficiency 66%. This result shows that the use of nanofluid can be very promising for enhance the efficiency of solar collectors.

A evacuated tube solar collector with multifunctional absorber layers and Phase Change Material (PCM) was developed by Sobhansarbandi et al. (2017) to improve the efficiency. The addition of Carbon Nanotube sheets provide a near ideal black body surface, absorbing a maximum of 98% of solar light striking the surface. Applying PCM during the sunshine hours, the temperature remains around the constant value. During off sunshine hours, the PCM can delay the cooling rate of water by releasing stored latent heat energy, that can result in providing hot water to the demand side in cloudy days or when the solar radiation is insufficient.

Papadimitratos et al. (2016) performed an experimental new method of integrate PCM in evacuated tube solar collectors. In this proposed solar collector, the heat pipe is immersed in the PCM. The benefit of this method includes improved functionality by delayed release of heat. The results from showed efficiency improvement of 26% and 66% for the stagnation mode, compared with standard solar water heaters.

Martínez-Rodríguez; Fuentes-Silva and Picón-Núñez (2018)namely: a proposed a network of solar collectors as an association of heat transfer devices whose purpose is to deliver a working fluid at a specified temperature to meet a given heat load. This approach

could be used at early design stages for assessing the cost benefit of the integration of solar energy into low energy intensity processes.

This study investigates the parameters on a low concentration evacuated tube solar collector. It will be developed a mathematical model to represent the physical phenomena and predict the thermal performance of the collector. The solar collector is composed of an absorber tube set up eccentrically relative to the cover tube and between them exists vacuum. The underside of the cover tube has an internal reflective film responsible for the concentration of solar irradiation. The mathematical model is formulated based on the conservation equations (mass, momentum and energy) and discretized using the finite volume method. A numerical code is developed, tested and the numerical predictions are validated with available experimental results. The numerical code is used to investigate several parameters (absorptivity of the absorber, reflectivity of the reflective film and radius of the absorber) of the evacuated tube solar collector for the city of Campinas, Brazil. The results are presented and discussed.

2 | MATHEMATICAL MODEL

The model is composed of an external transparent tube that cover eccentrically the copper tube absorber, between them exists vacuum (Fig. 1). The cover tube has a reflective film on the internal surface of the bottom side. The reflective film reflects the incident solar radiation on the absorber tube. The eccentricity associated with the reflective film creates a concentrating effect of solar radiation at the absorber which increases the working temperature of the absorber of the collector. The presence of vacuum between the cover and the absorber helps reducing the radiation and convection losses. The absorber tube has a film on its surface to enhance absorbing solar radiation.

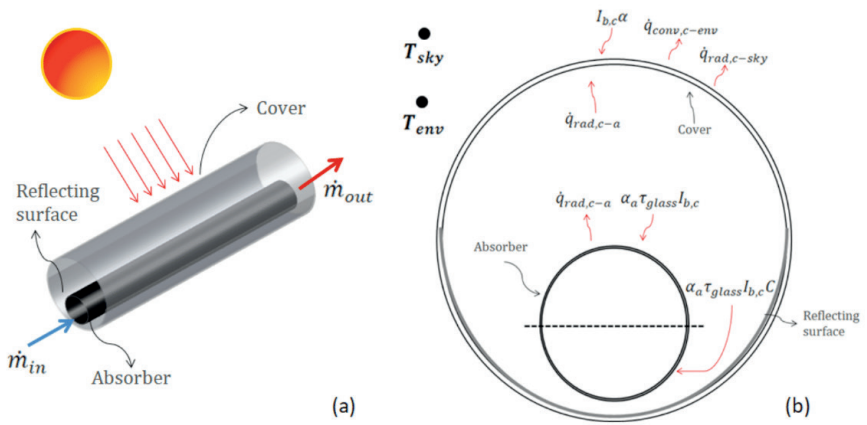

Figure 1. Scheme of the cover tube and absorber; (a) complete set; (b) collector cross-section showing the absorber and energy fluxes (TELES; ISMAIL; ARABKOOHSAR, 2019).

In Fig. 1 (b) the terms: $\dot{q}_{conv,c-env}$ refers to convection heat transfer between the transparent cover and the environment; $\dot{q}_{rad,c-sky}$ refers to radiation heat transfer between the transparent cover and the sky; $\dot{q}_{rad,c-a}$ refers to radiation between the cover and the absorber; $\alpha_a \tau_{glass} I_{b,c}$ refers to intercepted solar irradiation by the collector in a determined slope angle; $I_{b,c}\alpha$ refers to the solar irradiation absorbed by the cover and $\alpha_a \tau_{glass} I_{b,c} C$ refers to concentrated solar irradiation intercepted by the collector in a determined slope angle. The specifics variables are: α_a refers to the absorptivity of the absorber, $I_{b,c}$ solar irradiation intercepted by the collector plane, a refers to the absorptivity of the cover, τ_{glass} refers to the transmissivity of the glass cover and refers to the concentration.

2.1 Parameters of the collector

The collector is composed of a glass cover, copper absorber and the working fluid is Therminol 66. All thermal properties of the different elements were obtained from Kreith; Manglik and Bohn (2011) and Solutia Europe S.A. (2018), respectively. The tracking system of the collector is one axis following monthly the solar declination δ_S (annual cycle δ_S = ± 23.5° during the year) in approximate form. This type of tracking utilizes the representative day of each month where the best declination angle is calculated and applied manually to the tracking mechanism instead of using automatic system which means additional cost. The collector orientation and the incidence angles were calculated for the city of Campinas, Brazil (Table 1) following Duffie and Beckman (2013), Goswami; Kreith and Kreider (2000) and Teles; Ismail and Arabkoohsar (2019). The negative values mean that the collector is facing the south while positive angles means facing the north.

Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.
Day	17	16	16	15	15	11
θ (°)	1.9	9.8	20.4	32.2	41.6	45.9
Month	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Day	17	16	15	15	14	10
θ (°)	44	36.3	25	13.2	3.9	-0.2

Table 1. Collectors slope to the representative day of the month for the city of Campinas.

The dimensions of the solar collector are shown in Table 2, where the specific variables are: $R_{c,ext}$ refers to the external cover's radius, $R_{c,int}$ refers to the internal cover's radius, $r_{a,ext}$ refers to the external absorber's radius, $r_{a,int}$ refers to the internal absorber's radius and L_c refers to the length of the collector.

$R_{c,ext}$ (m)	$R_{c,int}$ (m)	$r_{a,ext}$ (m)	$r_{a,int}$ (m)	L_c (m)	Concentration ratio (C)
0.05	0.0484	0.024	0.0224	1.8	2.083

Table 2. Parameters of the model of the solar collector.

2.2 Formulation and Numerical treatment

The developed mathematical is based on the conservation equations in permanent regime of mass, momentum and energy. The thermo-physical properties of the constructive materials of the collector and the working fluid are assumed independent of the temperature except for the fluid density and viscosity which are allowed to vary with temperature. The collector and tubes extremities (entry and exit of the working fluid) are considered adiabatic. The fluid flow regime is considered laminar and the fluctuation forces are calculated from Boussinesq´s approximation. Considering the hypotheses, the conservation equations for the domain:

Continuity:

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial r} = 0. \quad (1)$$

Momentum:

$$u\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + v\frac{\partial(\rho u)}{\partial r} = -\frac{\partial P}{\partial x} + \mu\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + + \frac{1\partial}{r\partial r}\left(r\frac{\partial u}{\partial r}\right)\right) + (\rho_{ref} - \rho)g\,sin(\theta). \quad (2)$$

$$u\frac{\partial(\rho v)}{\partial x} + v\frac{\partial(\rho v)}{\partial r} = -\frac{\partial P}{\partial r} + \mu\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \frac{v}{r^2} + \frac{1\partial}{r\partial r}\left(r\frac{\partial v}{\partial r}\right)\right) + (\rho_{ref} - \rho)g\,cos(\theta). \quad (3)$$

Energy:

$$u\frac{\partial(\rho T)}{\partial x} + v\frac{\partial(\rho T)}{\partial r} = \frac{k}{cp}\left(\frac{\partial^2 T}{\partial^2 x} + \frac{1\partial}{r\partial r}\left(r\frac{\partial T}{\partial r}\right)\right) + \frac{S}{cp}. \quad (4)$$

The variables are: ρ refers to density (kg/m³), u refers to the velocity in x-axis (m/s), v refers to the velocity in r-axis (m/s), *P* refers to the pressure (Pa), *μ* refers to the dynamic viscosity N s/m², P_{ref} refers to density of reference, *g* refers to the gravity (m/s²), T refers to the temperature (K), *k* refers to thermal conductivity (W/mK), *cp* refers to the specific heat (J/kg K) and S is the source term.

The general equation for steady-state regime that represents all conservation equations according to Patankar (1980) PATANKAR, 1980 can be expressed as:

$$\vec{\nabla}(\rho\vec{V}\emptyset) = \vec{\nabla}(\Gamma\vec{\nabla}\emptyset) + S. \quad (5)$$

The variables are: $\vec{\nabla}$ refers to divergent, $\vec{V}$ refers to the vector velocity, ø refers to the generic extensive property and Γ refers to the diffusive coefficient.

The fluxes of energy incident and reflected from the collector elements are shown in Fig. 1 and are the same as used by Teles; Ismail and Arabkoohsar (2019). The equations which define the boundary conditions in the North (M) and in the south (1) of the glass cover are, respectively:

$$-\left(k\frac{\partial T}{\partial r}\right)_M = \alpha_{glass} I_{b,c} + \varepsilon\sigma\left(T_{sky}^4 - T_M^4\right) + h_{conv,c-sky}(T_{env} - T_M). \quad (6)$$

$$-\left(k\frac{\partial T}{\partial r}\right)_1 = F_{2-1}\varepsilon\sigma\left(T_{absorber}^4 - T_1^4\right). \quad (7)$$

The variables are: ε refers to emissivity, σ refers to the Stefan-Boltzmann constant [W/(m²K⁴)], T_{env} refers to the environment temperature, *h* refers to the heat transfer coefficient [W/(m²K)] and *F* refers to the shape factor.

The boundary conditions of the glass cover for the West (1) and east (N) are respectively:

$$T(N,r) = T(N-1,r). \quad (8)$$

$$T(1,r) = T(2,r). \quad (9)$$

The absorber according to Fig. 1 has one half is subject to concentration effect while the upper half does not receive any concentration effect. Hence there are two north boundary conditions represented by the equations:

$$-\left(k\frac{\partial T}{\partial r}\right)_M = C\alpha_a\tau_{glass} I_{b,c} + F_{2-1}\varepsilon\sigma(T_{cover}^4 - T_M^4). \quad (10)$$

$$-\left(k\frac{\partial T}{\partial r}\right)_M = \alpha_a\tau_{glass} I_{b,c} + F_{2-1}\varepsilon\sigma(T_{cover}^4 - T_M^4). \quad (11)$$

The south of the absorber is considered adiabatic because of the symmetry, and the equations which represent the boundary conditions in the south, east and west are:

$$T(x,1) = T(x,2). \quad (12)$$

$$T(N,r) = T(N-1,r). \quad (13)$$

$$T(1,r) = T(2,r). \quad (14)$$

The initial conditions, the fluid and other elements were considered initially at ambient temperature. The initial fluid velocity is equal to $u_{initial}$ = 0.005 (m/s), while in the solid region u=v=0. All properties and empirical coefficients were adopted from Teles; Ismail and Arabkoohsar (2019).

The equations of the mathematical model and the associated boundary and initial conditions are treated numerically by using the method of finite volumes in the axial and radial directions for the different segments of the proposed evacuated tube collector. The segments include the glass cover and the absorber with and without concentration of the solar irradiation as in Teles; Ismail and Arabkoohsar (2019). The power law is the discretization scheme used for the convective and diffusive terms. The numerical code is written in FORTRAN and the algorithm SIMPLE was used to couple the pressure and velocity. The TDMA line-by-line (Tri-Diagonal Matrix Algorithm) method was used to solve the equations. The chosen computational grid is uniform and the solid fluid interface coincide with the faces of the control volume. The iteration process starts at an arbitrary time and the convergence criterion is satisfied by Eq. (14).

$$\sum_{i,j} \left| \frac{\emptyset_{ij}^{n} - \emptyset_{ij}^{n+1}}{\emptyset_{ij}^{n}} \right| \leq \xi. \quad (14)$$

Where Ø can be the variables u, v, T or P. The index n is the iteration order and the value of ξ chosen as 10^{-6}.

A fair number of tests were done to select the optimum grid and the most suitable grid is found to be 22x13 for the absorber.

2.3 Validation

The experimental results of Kim; Han and Seo (2008) were used to validate the present numerical model since both collectors have low concentration ratio and eccentric absorber tube with direct fluid flow, but the collector simulated by Kim; Han and Seo (2008) had a second glass cover. Fig. 2 shows the cross sections of the two collectors and the heat and radiation fluxes.

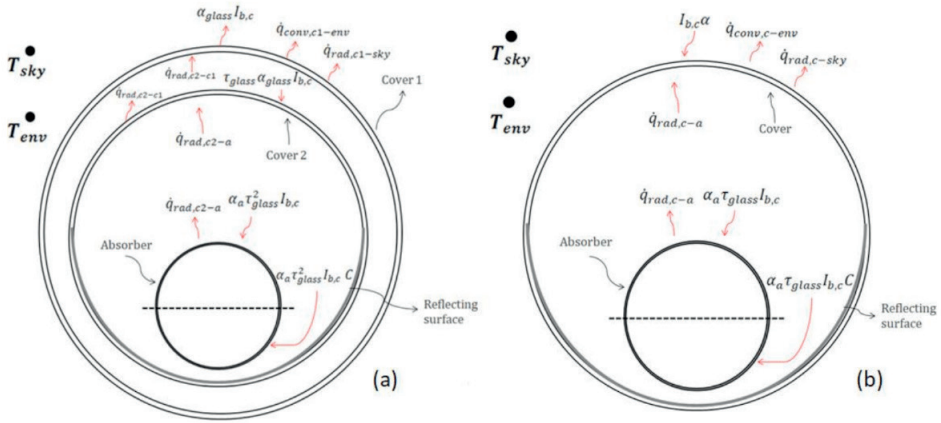

Figure 2. Collectors cross-section with the absorber and the specified boundary conditions (a) reference collector, (b) present model (TELES; ISMAIL; ARABKOOHSAR, 2019).

Figure 3 shows a comparison between the present predicted heat flux and collector outlet temperature with those obtained from Kim; Han and Seo (2008) showing relatively good agreement with error of about 0.36% for the temperature and about 2% for the heat flux.

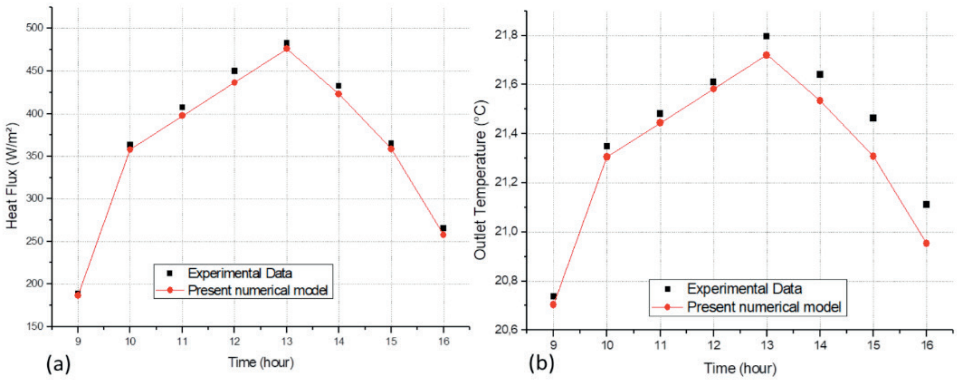

Figure 3. Comparison of the heat flux and the fluid outlet temperatures from the present predictions with the results from Kim; Han and Seo (2008).

3 | RESULTS AND DISCUSSION

The simulations conducted for the representative day of December in the period from 9h to 16 h, are presented in Table 1 for the city of Campinas. The simulations were done to test the one-axis tracking system (declination cycle ± 23.5°). Evaluation included the effects on the efficiency of the absorber diameter, absorptivity of the film and reflectivity

of the reflecting surface.

3.1 Degradation's effects of the reflective film

The reflecting surface is placed in the internal part of the cover and is responsible for part of the solar irradiation on the absorber's collector. Hence, the degradation of the surface reflectivity (po) directly impacts the efficiency of the solar collector. Fig. 4 shows simulation results for the hourly efficiency for different values of reflectivity.

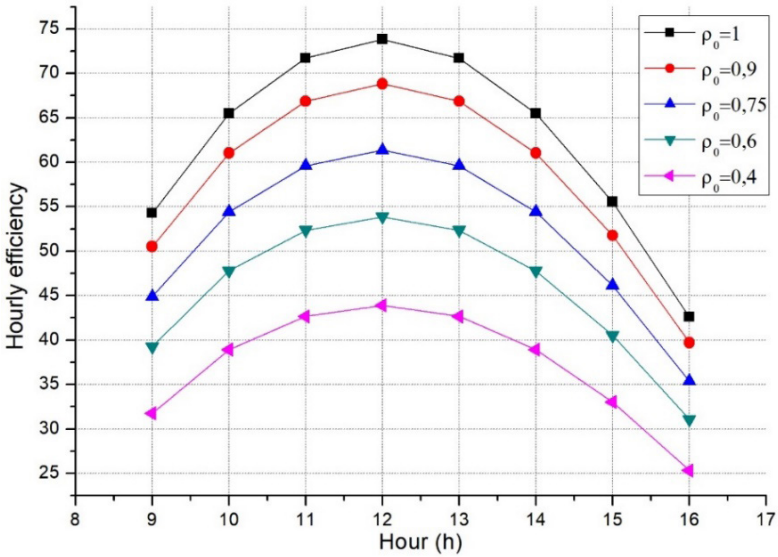

Figure 4. Hourly efficiency for different values of the reflective film.

The degradation of the reflectivity significantly reduces the collector efficiency, a difference of $\Delta p_0 = 0.4$ causes a reduction of 19% in the collector efficiency. This analysis also allows to measure other aspects of low concentration ratio. Different models of concentrating collectors have low efficiency because they don't have small concentration. Kim; Han and Seo (2008) evaluated different models of evacuated tube solar collectors and concluded some of these collectors without concentration showed maximum efficiency of about 65%.

3.2 Degradation's effects of the absorber film

The degradation of the absorptivity of the absorbing film reduce the collector efficiency. Simulations of the hourly efficiency for various values of film absorbance are shown in Fig. 5. As one can observe the influence of the absorptivity of the film is stronger on the reduction of the hourly efficiency than the reflectivity of the reflecting surface. A reduction of $\Delta a = 0.4$ reduce the collector efficiency by about 28%. Hence it is imperative to choose a film with high absorptivity to ensure high thermal performance of the collector.

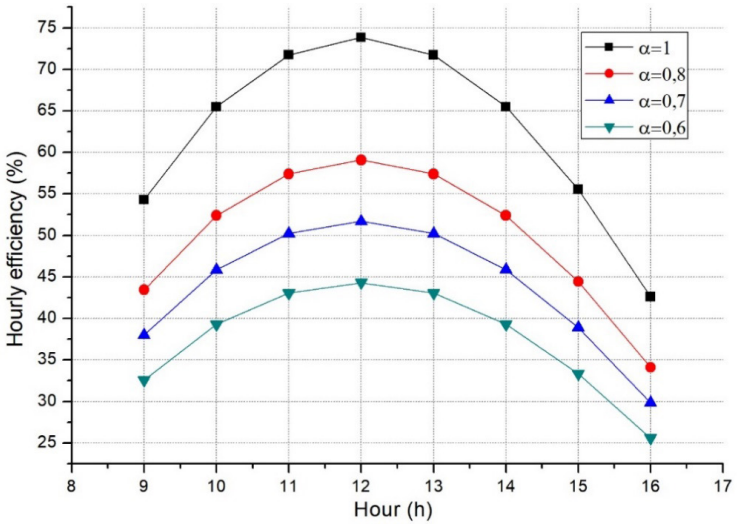

Figure 5. Hourly efficiency for different values of the absorptivity of the absorber film.

3.3 Effect of the absorber diameter

To illustrate the effect of the diameter of the absorber tube on the efficiency of the collector simulations were done for three tube diameters keeping other variables unchanged as the mass flow rate of the working fluid. Few simulations were done varying the absorber's diameter for 0.048, 0.044, and 0.040m, while keeping the radius of the cover as $R_{c,ext}$ = 0.05m, as shown in Fig. 6.

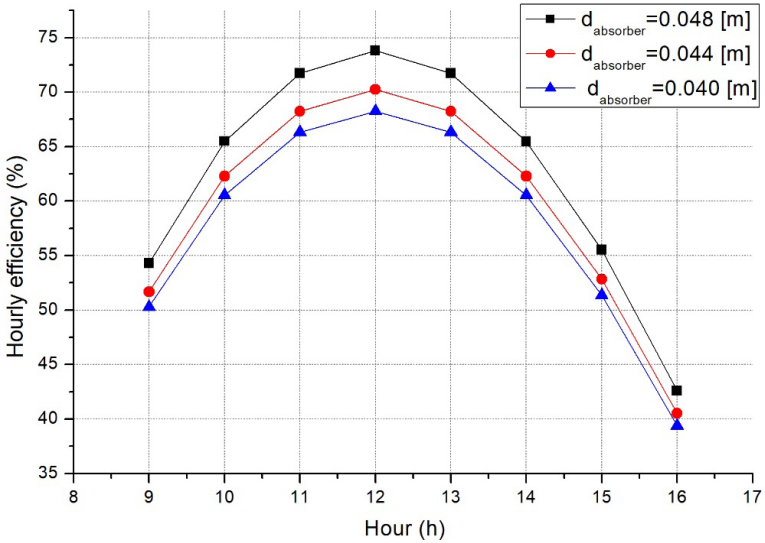

Figure 6. Hourly efficiency for different values of the absorber radius.

As can be seen, reducing the absorber diameter reduce the hourly efficiency of the collector by about 2%. The reduction of the absorber diameter while keeping the flow rate of the working fluid constant increases the surface temperature of the absorber. This increases radiation to the covering cover and external ambient and consequently increases the thermal losses.

Also increasing the diameter of the absorber while keeping the mass flow rate constant decreases the Reynolds number and consequently the internal heat transfer coefficient which leads to lower heat gain and lower surface temperature which favors less energy loss and hence better efficiency.

4 I CONCLUSIONS

This paper reports the results of a numerical study to investigate the effects of the variation of the absorptivity of the absorber, reflectivity of the reflective surface and diameter of the absorber on the hourly efficiency of the evacuated tube eccentric solar collector. The numerical code based on the developed model was optimized and validated against available experimental results showing good agreement with error of 2% in the heat flux and 0.36% in the outlet temperature of the working fluid.

Simulations were performed to investigate the effects of the degradation of the reflectivity of the reflective film, degradation of the absorptivity of the absorber tube and effect of the diameter of the absorber on the hourly efficiency of the collector.

Degradation of the reflectivity of the film can reduce significantly the hourly efficiency of the solar collector. A reduction of $\Delta p_0 = 0.4$ is found to reduce the efficiency of the collector by 19%. This means it is important to replace the film when achieving this poor performance.

Degradation of the absorptivity of the absorber impairs significantly the thermal performance of the collector. It is found that a decrease of $\Delta\alpha = 0.4$ reduces the hourly efficiency by 28%.

The effect of the diameter of the absorber has great significance to collectors with internal concentration as the proposed collector. For the investigated absorber diameters, a reduction of about 2% in the hourly efficiency is observed.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank the Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (Fapema) for the doctorate grant [grant number BD-08373/17] and the second author wishes to thank the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for the PQ Research Grant 304372/2016-1.

REFERENCES

CHOPRA, K. et al. Global advancement on experimental and thermal analysis of evacuated tube collector with and without heat pipe systems and possible applications. **Applied Energy**, v. 228, p. 351–389, 2018.

DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. A. **Solar engineering of thermal processes**. 4. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.

GOSWAMI, D. Y.; KREITH, F.; KREIDER, J. F. **Principles of solar engineering**. 2. ed. Philadelphia: Taylor & Francis, 2000.

KIM, Y.; HAN, G. Y.; SEO, T. An evaluation on thermal performance of CPC solar collector. **International Communications in Heat and Mass Transfer**, v. 35, n. 4, p. 446–457, 2008.

KREITH, F.; MANGLIK, R. M.; BOHN, M. **Principles of heat transfer**. 7. ed. Stamford: Cengage Learning, 2011.

MAHBUBUL, I. M. et al. Carbon nanotube nanofluid in enhancing the efficiency of evacuated tube solar collector. **Renewable Energy**, v. 121, p. 36–44, 2018.

MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, G.; FUENTES-SILVA, A. L.; PICÓN-NÚÑEZ, M. Solar thermal networks operating with evacuated-tube collectors. **Energy**, v. 146, p. 26–33, 2018.

PAPADIMITRATOS, A. et al. Evacuated tube solar collectors integrated with phase change materials. **Solar Energy**, v. 129, p. 10–19, 2016.

PATANKAR, S. V. **Numerical heat transfer and fluid flow**. USA: Hemisphere Pub. Corp., 1980.

SABIHA, M. A. et al. Progress and latest developments of evacuated tube solar collectors. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 51, p. 1038–1054, 2015.

SHARMA, N.; DIAZ, G. Performance model of a novel evacuated-tube solar collector based on minichannels. **Solar Energy**, v. 85, n. 5, p. 881–890, 2011.

SINGH, R. V. et al. Performance of a solar still integrated with evacuated tube collector in natural mode. **Desalination**, v. 318, p. 25–33, 2013.

SOBHANSARBANDI, S. et al. Evacuated tube solar collector with multifunctional absorber layers. **Solar Energy**, v. 146, p. 342–350, 2017.

SOLUTIA EUROPE S.A. **Therminol 66 Thermal Properties**. Disponível em: <http://twt.mpei.ac.ru/TTHB/HEDH/HTF-66.PDF>. Acesso em: 1 maio. 2018.

TELES, M. DE P. R.; ISMAIL, K. A. R.; ARABKOOHSAR, A. A new version of a low concentration evacuated tube solar collector: Optical and thermal investigation. **Solar Energy**, v. 180, n. January, p. 324–339, 2019.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aços 10, 38, 39, 40, 46

Algoritmo Genético 11, 109, 111, 112, 174

Arduino 11, 79, 80, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 172, 175, 190, 192

C

Campo de temperatura 92, 93

CitationID 112, 116

Citationitems 168

Confiabilidade 10, 20, 21, 22, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 79

Controle Adaptativo 165

Convecção Forçada 92, 93

E

Elementos Finitos 10, 1, 2, 6, 21, 38, 39, 45, 46, 47, 48, 50, 55, 128, 129, 131, 137

Energia renovável 67

Energia Solar 67, 79, 90, 91

EPI's 193, 196, 198

Escoamento bifásico 12, 138, 139, 140, 148

Escoamento Turbulento 92, 93

Estacionamento Autônomo 181

F

Fadiga 10, 21, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 125

Fluido-Estrutura 57, 124

Fração de vazio 12, 138, 139, 140, 142, 145, 146, 147, 148, 149

Frequência 6, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 21, 26, 48, 49, 52, 116, 125, 133, 135, 140, 142, 143, 145, 146

Função de transferência 9, 12, 14, 15

G

Graus de liberdade 9, 11, 23

I

Impressão 3D 193, 196

Instrumentação 80, 91, 144, 190

L

Lógica Fuzzy 165

M

Manipulador Flexível 1, 2

Manipulador Paralelo 10, 1, 2, 3, 6

Matriz 128, 129, 130, 131, 135, 166, 170, 187, 199, 200, 201, 203, 205

Modelo Multicorpos 1, 2, 6

N

Nusselt 92, 93, 99, 100, 101, 102, 103, 106

O

Otimização 9, 10, 11, 20, 21, 22, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 48, 49, 55, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 170, 175, 177, 192

P

PET 193, 194, 195, 198

Piranômetro 80, 81

Projeto mecatrônico 181

Protótipos 39, 165, 167, 172, 177

R

Radiação térmica 80, 82

Radiômetro 11, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91

Redes Neurais Artificiais 164, 165, 166, 168

S

Seleção 109, 111, 112, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 170, 171, 176, 185

Sensor capacitivo 12, 138, 140, 145

Simulação 9, 2, 3, 6, 17, 20, 25, 28, 35, 38, 40, 43, 44, 45, 46, 135, 167, 169

Sistemas Computacionais Inteligentes 12, 164, 168

Sistemas Dinâmicos 12, 124, 164, 167

Sistemas Térmicos 109, 111

Stress 199

Suspensão 10, 9, 10, 11, 13, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 184

T

Tensão 2, 3, 42, 43, 44, 45, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 187, 199, 200, 201, 203, 204

Tumor 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205

V

Vibração 1, 2, 5, 9, 10, 13, 16, 17, 20, 21, 26, 50, 133
Violão 10, 48, 49, 50, 51, 54

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA MECÂNICA



www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora

Ano 2021

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA MECÂNICA



www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora

Ano 2021