



As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

**Atena**
Editora
Ano 2021



As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

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

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

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

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

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

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

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

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

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

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

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

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

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

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-769-7

DOI 10.22533/at.ed.697211102

1. Engenharia. I. Tullio, Franciele Braga Machado (Organizador). II. Machado, Lucio Mauro Braga (Organizador). III. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

APRESENTAÇÃO

A obra “As Engenharias Agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento” contempla vinte capítulos em que os autores abordam suas pesquisas aplicadas nos mais diversos setores da engenharia.

Pesquisas relacionadas a propriedades físico-químicas de materiais e desenvolvimento de novos produtos com a finalidade de aplicar na indústria.

Desenvolvimento de novos materiais e aplicação de inteligência artificial para utilização na medicina também são abordados.

Geração de energia, desenvolvimento de projetos sustentáveis e tratamento de efluentes são assuntos em evidência no meio acadêmico.

Por fim, estudo sobre a gestão de projetos de obras de arte especiais com a finalidade de auxiliar os gestores na tomada de decisões e intervenções nas mesmas.

Esperamos que esta obra promova ao leitor o desejo de desenvolver ainda mais estudos, agregando mais conhecimento em setores de pesquisa e desenvolvimento. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

CONSTRUÇÃO DE IMPELIDORES POR MANUFATURA ADITIVA: UMA METODOLOGIA PARA O ENSINO DE OPERAÇÕES UNITÁRIAS

Tadeu Henrique Aparecido da Silva

Monica Taís Siqueira D'Amelio

DOI 10.22533/at.ed.6972111021

CAPÍTULO 2..... 17

DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ACIDEZ E PERÓXIDO NO ÓLEO DE FRITURA UTILIZADO NO REFEITÓRIO DO IFMT – CAMPUS CONFRESA

Fábio Gonçalves Marinho

Felipe Gimenes Rodrigues Silva

Ulisses Alberto Rodrigues da Silva

Milton Fantinell Junior

Carlos Bonfim Gonçalves Marinho

Geovana Rodrigues Soares

DOI 10.22533/at.ed.6972111022

CAPÍTULO 3..... 22

ESTUDO DA SEDIMENTAÇÃO DESCONTÍNUA DE CaCO_3 E Ca(OH)_2 EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES VISANDO A SEPARAÇÃO DE PARTICULADO

Dinalva Schein

Carolina Smaniotto Fronza

Gabriela Aline Kroetz Bremm

Isaac dos Santos Nunes

Andréia Monique Lermen

Naiara Jacinta Clerici

Paula Gabriela Dalla Porta

Suelyly Ribeiro Hollas

DOI 10.22533/at.ed.6972111023

CAPÍTULO 4..... 33

FUNCIONALIZAÇÃO DO TERPOLÍMERO ACRILONITRILA-BUTADIENO-ESTIRENO COM ANIDRIDO MALEICO – UMA REVISÃO DA LITERATURA

Carlos Bruno Barreto Luna

Danilo Diniz Siqueira

Eduardo da Silva Barbosa Ferreira

Edson Antonio dos Santos Filho

Edcleide Maria Araújo

DOI 10.22533/at.ed.6972111024

CAPÍTULO 5..... 54

ANÁLISE DE DESGASTE NAS LASTRINAS DA CAIXA MATRIZ NA INDÚSTRIA DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS

Tiago da Silva Fernandes

Anderson Daleffe

DOI 10.22533/at.ed.6972111025

CAPÍTULO 6..... 68

ANÁLISE QUÍMICA E ÂNGULO DE CONTATO DE FILMES FORMADOS POR BLENDA DE POLIESTIRENO/POLI(CAPROLACTONA) FOTODEGRADADAS POR LUZ ULTRAVIOLETA

Catarina Barbosa Levy

Maria Oneide Silva de Moraes

Walter Ricardo Brito

João de Deus Pereira de Moraes Segundo

DOI 10.22533/at.ed.6972111026

CAPÍTULO 7..... 75

APLICAÇÃO DE NANOBIMATERIAIS NO TRATAMENTO DE FERIDAS

Rayanne Cornelio Silva Carvalho

Deuzuita dos Santos Freitas Viana

Vicente Galber Freitas Viana

DOI 10.22533/at.ed.6972111027

CAPÍTULO 8..... 87

INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE FERROCARBONILA EM MATERIAIS ABSORVEDORES DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Cecília Maia Corsato

Nicholas Eras Fonseca

Bruno Ferraz Donati

Gustavo Freitas de Souza

Rademaks Bento de Oliveira

Valdirene Aparecida da Silva

DOI 10.22533/at.ed.6972111028

CAPÍTULO 9..... 96

INCORPORAÇÃO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADAS EM COMPÓSITO CONCRETO

Gabriela T. Santiago

Matheus Vosgnach

Vinício Ceconello

Edson Francisquetti

Mara Andrade Zeni

DOI 10.22533/at.ed.6972111029

CAPÍTULO 10..... 105

ANÁLISE DO ÂNGULO DE INCLINAÇÃO SOLAR DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA LOCALIDADES NO BAIXO TOCANTINS – PA

Marinaldo de Jesus dos Santos Rodrigues

Silvio Bispo do Vale

Tatiane Perna Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.69721110210

CAPÍTULO 11	117
SIMULAÇÃO ENERGÉTICA PARA RECUPERAÇÃO DE CALOR DO AR EM AGÊNCIAS BANCÁRIAS	
Alexandre Fernandes Santos	
Jeová Alves Diniz Junior	
Heraldo José Lopes de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.69721110211	
CAPÍTULO 12	131
USO DO SISTEMA DX (EXPANSÃO DIRETA) PARA SISTEMAS GEOTÉRMICOS EM CURITIBA	
Alexandre Fernandes Santos	
Paulo Henrique Colombo	
Heraldo José Lopes de Souza	
Fabio Francisco Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.69721110212	
CAPÍTULO 13	143
MÉTODOS DE APRENDIZAGEM DE MÁQUINA APLICADOS NA CLASSIFICAÇÃO DE NÍVEIS DE APNEIA UTILIZANDO SINAIS DE ELETROCARDIOGRAMA	
João Pedro dos Santos Silva	
Pedro Henrique dos Santos Almeida	
Letícia Chaves Lima Cananéa	
Helder Alves Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.69721110213	
CAPÍTULO 14	153
ANÁLISE E SIMULAÇÃO DE CONTROLE VOLUMÉTRICOS E DINÂMICOS EM SISTEMAS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS PETROLÍFEROS	
Juliana Gomes da Silva	
Savio Raider Matos Sarkis	
DOI 10.22533/at.ed.69721110214	
CAPÍTULO 15	173
UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP) COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO MULTICRITÉRIO NO PROCESSO DE DECISÃO DE PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AMAZÔNIA AZUL	
Andrezza de Oliveira Agápito	
Dalessandro Soares Vianna	
Marcilene de Fátima Dianin Vianna	
Edwin Benito Mitacc Meza	
DOI 10.22533/at.ed.69721110215	
CAPÍTULO 16	185
IMPLANTAÇÃO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM COMPLEXO ALIMENTÍCIO INDUSTRIAL	
Yuri de Oliveira Godoy	

Aldo Muro Júnior

DOI 10.22533/at.ed.69721110216

CAPÍTULO 17..... 196

AVANÇOS PARA MELHORIA DA RESISTÊNCIA À INCRUSTAÇÃO EM MEMBRANAS DE ULTRAFILTRAÇÃO COM POTENCIAL PARA APLICAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS OLEOSAS: uma revisão

Victor José Romão dos Santos

Suellen Cristine Meira

DOI 10.22533/at.ed.69721110217

CAPÍTULO 18..... 211

ANÁLISE PROBABILÍSTICA E DETERMINÍSTICA DA ESTABILIDADE DE TALUDES EM BARRAGEM DE TERRA DO ESTADO DO CEARÁ

Fernando Feitosa Monteiro

Andressa de Araujo Carneiro

Yago Machado Pereira de Matos

Giovanna Monique Alelvan

DOI 10.22533/at.ed.69721110218

CAPÍTULO 19..... 222

A GESTÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS MUNICIPAIS: CONCEPÇÃO DE UM MODELO CONCEITUAL DE BANCO DE DADOS APLICADO ÀS PONTES, VIADUTOS E PASSARELAS

André Felipe Bozio

Vivian da Silva Celestino Reginato

DOI 10.22533/at.ed.69721110219

CAPÍTULO 20..... 240

ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS DO PORTO MARAVILHA, RIO DE JANEIRO: TRANSFORMAÇÕES URBANAS

Amanda Martins Marques da Silva

Gisele Silva Barbosa

Patricia Regina Chaves Drach

Eduardo Praun Machado

Victor Marques Zamith

DOI 10.22533/at.ed.69721110220

SOBRE OS ORGANIZADORES 255

ÍNDICE REMISSIVO..... 256

ANÁLISE DO ÂNGULO DE INCLINAÇÃO SOLAR DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA LOCALIDADES NO BAIXO TOCANTINS – PA

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 06/11/2020

Marinaldo de Jesus dos Santos Rodrigues

Universidade Federal Pará (UFPA), Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE)
Belém, PA, Brasil
orcid.org/0000-0003-2707-9735

Silvio Bispo do Vale

Universidade Federal Pará (UFPA), Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE)
Belém, PA, Brasil
<https://lattes.cnpq.br/4884492375891611>

Tatiane Perna Rodrigues

Universidade Federal Pará (UFPA), Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE)
Belém, PA, Brasil
<https://lattes.cnpq.br/1572403024575162>

RESUMO: A potência entregue por um painel solar depende de vários fatores e um deles é o seu ângulo de inclinação em relação a horizontal. Embora pequenas alterações no ângulo de inclinação possam não causar grande diferença na sua produção diária, mas quando se refere a produção mensal ou anual, mesmo uma pequena diferença na sua inclinação pode resultar em perdas significativas. Este artigo se concentra na análise de otimização do ângulo de inclinação para painéis solares fixos no

Baixo Tocantins - PA (região Norte do Pará). A análise é feita através da variação do ângulo de incidência dos raios solares para aplicação em sistemas fotovoltaicos. Como referência de dados medidos, foi escolhida a cidade de Belém para estimar os dados de irradiância na cidade de Abaetetuba, situadas aproximadamente na linha do equador. O programa foi desenvolvido em Matlab, para realizar os cálculos e traçar os gráficos que servirão de suporte a esta análise.

PALAVRAS-CHAVE: Ângulo de inclinação para painéis solares fixos; aplicação em sistemas fotovoltaicos; Matlab.

ANALYSIS OF THE SOLAR TILT ANGLE OF PHOTOVOLTAIC PANELS FOR LOCATIONS THE LOW TOCANTINS - PA

ABSTRACT: The output of a solar panel depends on various factors and one of them is the tilt angle in relation to horizontal. Though small changes in the tilt angle might not cause a great difference in the output of a panel in its daily production, even a small difference in solar tilt may result in the loss in its daily production, but when referring to monthly or annual production, even a small difference in its slope can result in significant losses. This paper focuses on optimizing the tilt angle for fixed support panels in Baixo Tocantins - PA (Northern Pará). The analysis is done by varying the angle of incidence of the sun's rays for application in photovoltaic systems. As a reference for measured data, the city of Belém was chosen to estimate irradiance data in the city of Abaetetuba were chosen, located approximately on the equator. The program was developed in Matlab, to perform the calculations

and plot the graphs that will support this analysis.

KEYWORDS: Tilt angle for fixed solar panels; application in photovoltaic systems; Matlab.

1 | INTRODUÇÃO

A energia solar fotovoltaica (SFV) foi implementada em muitas aplicações devido a luz solar ser abundante, limpa e sustentável (Mas'ud, 2018, Guo et al. 2017). Além disso, os sistemas fotovoltaicos exigem custos de operação e manutenção relativamente baixos (Pilakkat, 2019). Não surpreendentemente, de acordo com as previsões do mercado, a capacidade dos sistemas SFV instalada mundialmente de 520 GW no final de 2018 poderia atingir até 1,4 TW em 2024 (Jäger-Waldau, 2019). De acordo com o relatório anual de 2019 do Programa de Sistemas de Energia Fotovoltaica da Agência Internacional de Energia, o mercado de energia solar foi estabelecido na escala Gigawatt (GW) (IEA, 2019). Em 2018, a capacidade instalada total das usinas fotovoltaicas ultrapassou a marca de 510 GW, economizando cerca de 600 toneladas de emissões de CO₂.

A produção de energia, através de painéis fotovoltaicos (PFV), tanto de usinas de grande porte com capacidade instalada de dezenas de MWp (mega wattpico), quanto de instalações residenciais de alguns kWp, são influenciados por diversos fatores que prejudicam o desempenho do sistema, tais como localização geográfica, disposição, orientação e inclinação dos PFV (King et al., 2002; Bari, 2000; Bairi, 1990; Lewis, 1985; Tsalides e Thanailakis, 1985). Embora pequenas alterações no ângulo possam não causar grande diferença na sua produção diária, quando se refere a produção mensal ou anual, mesmo uma pequena diferença na sua inclinação pode resultar em perdas significativas (Al Garni et al. 2018).

A instalação adequada de um PFV, através da inclinação e orientação, deve maximizar a irradiação solar recebida (Safitra et al. 2018). Os sistemas de rastreamento que seguem o curso do sol são usados para maximizar a energia solar diária recebida pelos painéis fotovoltaicos (Khan et al. 2018). No entanto, como esses dispositivos são caros e precisam de energia para seu funcionamento, é recomendável encontrar os melhores ângulos de inclinação e orientação. O ângulo de inclinação pode ser corrigido de tempos em tempos, por exemplo, sazonalmente (Benghanem, 2011) desde que a instalação permita essa correção. Geralmente, é recomendado que um sistema FV seja instalado com um ângulo de inclinação igual à latitude do local (Mondol et al., 2007; Tsalides e Thanailakis, 1985). No entanto, alguns locais experimentam um padrão de clima em que o inverno é tipicamente mais nublado que o verão ou a insolação média da manhã e da tarde não é simétrica. A energia máxima disponível pode então ser recebida por uma superfície cujo ângulo de azimute é leste ou oeste do sul (no hemisfério norte). O ângulo de inclinação ideal é, portanto, dependente do local e o cálculo desse ângulo requer dados de radiação solar para esse local específico durante todo o ano. Normalmente, durante o verão, a

insolação do incidente é maximizada para um humor de superfície A inclinação adequada de um sistema fotovoltaico (SFV) é importante porque seus painéis produzirão o máximo de energia quando o sol estiver diretamente perpendicular a eles. Durante o inverno no hemisfério norte, por exemplo, o sol está baixo em relação ao horizonte.

Varios modelos foram propostos para a determinação dos ângulos ótimos de inclinação dos PFV. Embora os modelos usem a mesma técnica de determinação do solo refletido e da radiação do feixe, eles diferem na maneira como convertem o valor do componente difuso de uma superfície horizontal para o de uma superfície inclinada (Benghanem, 2011; Duffe, 1991; Gopinathan, 1991).

Benghanem, 2011 conduziu um estudo de caso para Madinah, Arábia Saudita. Descobriu que o ângulo de inclinação ideal anual era aproximadamente o mesmo da latitude do local. Esse ângulo de inclinação fixo resultou em cerca de 8% de perda de energia coletada em comparação com a energia coletada pela inclinação do PFV mensalmente. Ulgen 2006, relataram variação sazonal do ângulo de inclinação ideal para um coletor solar em Izmir, Turquia. Para os meses de inverno, dezembro, janeiro e fevereiro, o ângulo de inclinação ideal foi de 55,7 °. Para os meses da primavera, março, abril e maio, o ângulo de inclinação ideal era de 18,3 °. Para os meses de verão, junho, julho e agosto, o ângulo de inclinação ideal era 4,3 ° e, finalmente, para os meses do outono, setembro, outubro e novembro, o ângulo de inclinação ideal era 43 °. Beringer et al. 2011 conduziu um estudo de caso experimental do ângulo de inclinação ideal de FV para Hannover, Alemanha. Eles determinaram que havia uma pequena diferença no desempenho das células FV em vários ângulos de inclinação.

Portanto, a orientação e o ângulo de inclinação de um PFV são parâmetros importantes que influenciam a saída do sistema, por isso a importância de um estudo que venha demonstrar qual deve ser a disposição dos PFV no horário de maior pico de energia solar, para assim capturar o maior nível de incidência da radiação no decorrer do ano. Como objetivo deste estudo, o conhecimento da variação da direção da incidência dos raios solares é importante de modo a orientar as instalações dos SFV na localidade do baixo tocantins-PA e assim aumentar o aproveitamento energético do sistema FV.

2 | MATERIAS E MÉTODOS

Foi desenvolvido o estudo para a cidade de Abaetetuba-PA a qual está localizada, em linha reta, a 51 km da capital do estado do Pará (Belém), conforme Figura 1, possuindo uma área territorial de aproximadamente 1.610,606 km². Para estimar os dados na superfície horizontal de Abaetetuba utilizou-se o *Software Matlab* implementando as equações descritas a seguir.



Figura 1- Localização de Abaetetuba-PA.

A terra realiza dois movimentos principais que são eles: rotação (em torno do seu eixo) e o movimento de translação (movimento da terra em torno da órbita elíptica). O ângulo de incidência do sol dependerá do horário do dia. Define-se, o ângulo horário (ω) como um desvio angular cujo valor é nulo quando o horário solar local é meio dia. Considerando que a cada hora a Terra gira 15° (equivalente a $360^\circ/24$), então o ângulo horário (dado em graus) é determinado por (Duffe, 1991):

$$\omega = (12 - T) \cdot 15^\circ \quad (1)$$

Onde T é o horário solar no local considerado (T varia entre 0 e 24 horas).

Para os objetivos propostos, é necessário o cálculo da declinação solar (δ) para definir o ângulo que o PFV deve ter no decorrer do ano, pois a inclinação do eixo terrestre influencia no ângulo de zênite (θ_z) em diferentes latitudes, considerando o dia de Equinócio/Solstícios (eventos que estabelecem o início das estações do ano em todos os hemisférios) e o meio-dia solar verdadeiro que é definido como o exato momento da culminação dos raios solares no meridiano do observador. A declinação solar em um dado dia do ano (J), é determinado por:

$$\delta = 23,45^\circ \times \text{sen} \left(\frac{360 \times (J - 80)}{365} \right) \quad (2)$$

Onde δ é o valor da declinação solar em graus, e J indica o número de ordem dos dias Julianos. Vale ressaltar que tomando-se fevereiro sempre como 28 dias, acarretando assim em 365 dias no ano. Na Tabela 2 tem-se a média de cada mês e os valores de J.

Meses	Média	Calculo de J	J
Janeiro	17	0	17
Fevereiro	16	31+d	47
Março	16	59+d	75
Abril	15	90+d	105
Mai	15	120+d	135
Junho	11	151+d	162
Julho	17	181+d	198
Agosto	16	212+d	228
Setembro	15	243+d	258
Outubro	15	273+d	288
Novembro	14	304+d	318
Dezembro	10	334+d	344

TABELA 2. Média mensal para valores de J.

A Figura 2 mostra o movimento da Terra em torno do Sol, em uma órbita elíptica cujo período orbital é de 365,256 dias. Como o eixo polar possui uma inclinação de $23,45^\circ$ em relação a normal do plano da órbita terrestre, à medida que a Terra orbita em torno do Sol, os raios solares incidem mais diretamente em um hemisfério do que no outro.

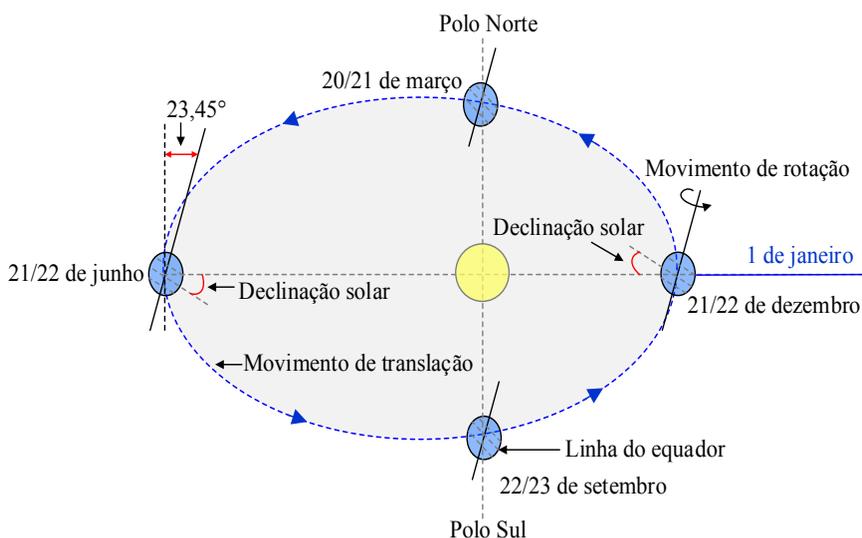


Figura 2- Órbita da Terra em torno do Sol.

Após o cálculo de δ , é calculada a altitude solar que é o ângulo entre a direção do

feixe de radiação e a projeção desta mesma direção no plano horizontal. A altitude solar e descrita por:

$$\text{sen } \alpha = \text{sen } \delta' \text{ sen } \phi + \text{cos } \delta' \text{ cos } \phi' \text{ cos } \omega \quad (3)$$

Onde α é o valor do ângulo da altitude solar, dado em graus. Por fim determinamos o ângulo do azimute (Ψ) que é ângulo, medido no plano da superfície da terra, entre a direção do pólo norte e a projeção da trajetória de incidência direta da irradiação solar na superfície terrestre. Este ângulo é positivo se medido no sentido horário a partir do pólo norte. O ângulo de azimute solar é calculado por:

$$\text{cos } \psi = \frac{-\text{sen } \alpha \times \text{sen } \phi + \text{sen } \alpha}{\text{cos } \alpha \times \text{cos } \phi} \quad (4)$$

Onde Ψ é o ângulo do azimute. O valor de θ_z pode também ser obtido a partir de ϕ subtraído de δ para o dia do ano. Na verdade, θ_z indicará o ângulo ótimo de elevação do PFV, de modo que os raios solares incidam perpendicularmente ao plano do mesmo. Assim tem-se que:

$$\theta_z = \phi - \alpha \quad (5)$$

Portanto, o ângulo θ_z é influenciado tanto pela latitude terrestre da localização geográfica, quanto pela época do ano, devido à variação da projeção da inclinação do eixo terrestre na direção do sol ao longo do ano. A Figura 3 mostra a tela do programa e a saída dos dados necessários a análise. Assim, foram gerados gráficos que demonstram qual a variação do ângulo da altitude solar versus ângulo azimutal ao longo do dia, para as cidades consideradas.

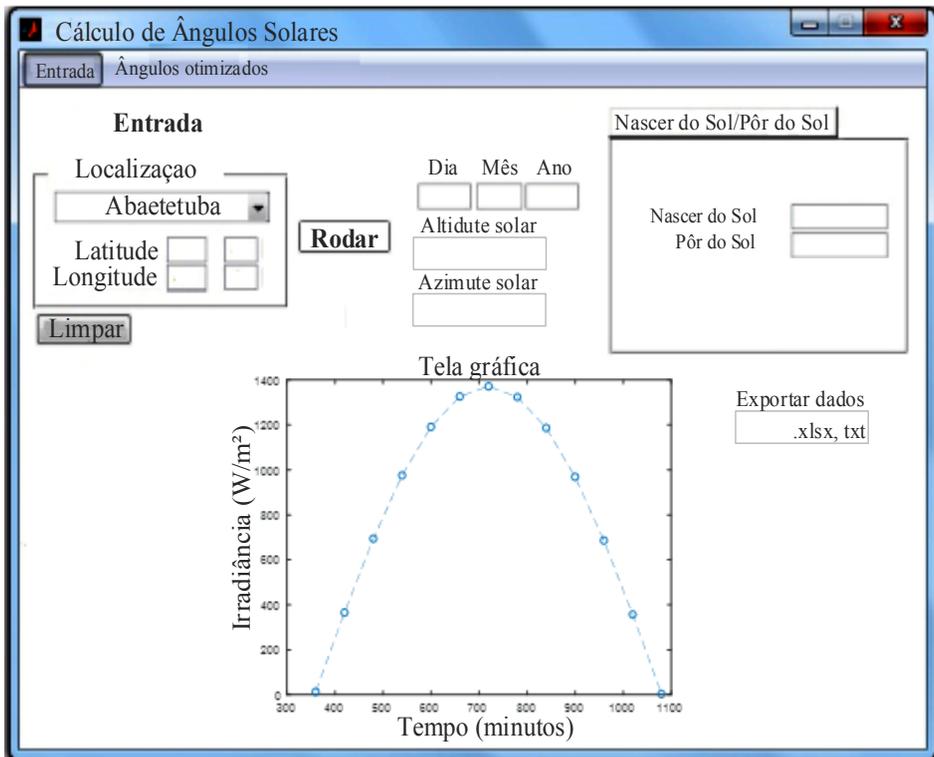


Figura 3 – Tela gráfica do programa desenvolvido e sua saída de dados.

3 | ANÁLISE DE RESULTADOS

Inicia-se com a simulação da irradiância para a média mensal (ver Tabela 2) e compara-se com dados reais medidos. Evidentemente, não incluímos o efeito da irradiância difusa já que não é o objetivo do estudo. A partir dessa análise encontra-se o ângulo da altura máxima do sol para cada média mensal e seus respectivos horários que ocorrem. Por fim, a analisa-se o ângulo de inclinação ótima de cada media mensal e sugere-se uma inclinação média anual para a cidade em estudo. A Figura 4 mostra a representação de uma carta solar para cidade de Abaetetuba para a média mensal em uma superfície voltada para o norte geografico obtida usando modelo descrito na seção tal.

Vale resaltar que os dados medidos são para a cidade de belém-PA, distante ...

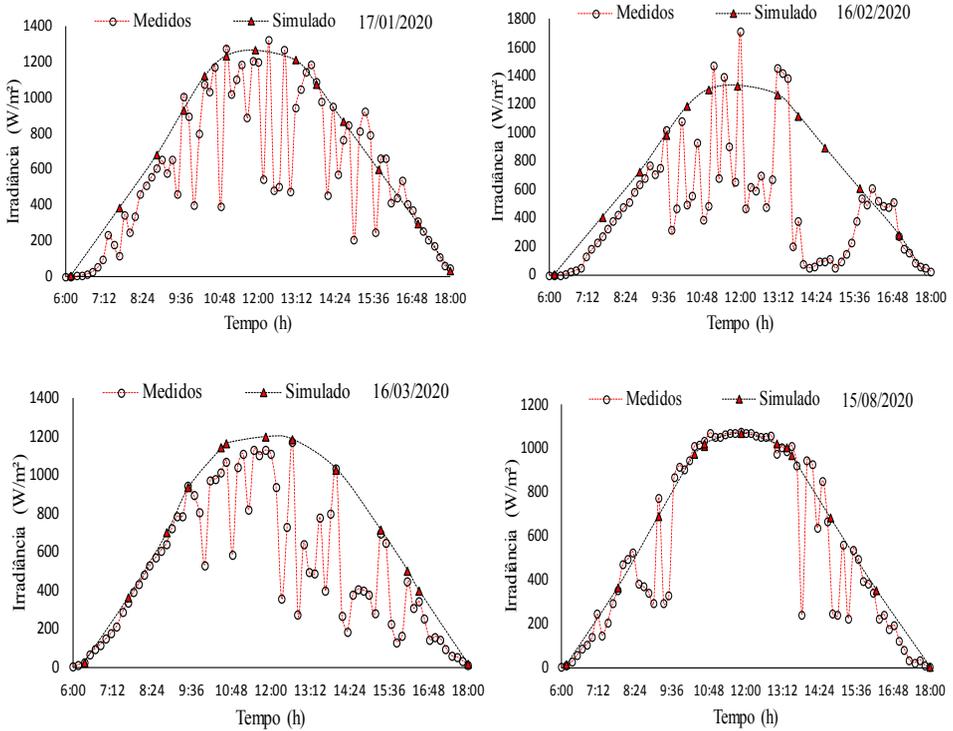


Figura 5– Comparação entre dados medidos de irradiância e simulados

A partir desses dados foi possível analisar a altura solar para cada média diária mensal. A Figura 6 mostra os resultados obtidos. Como pode-se observar o mês que mais se aproxima dos 90° é o mês de março seguido de setembro e outubro. Em contrapartida os piores meses são junho e julho.

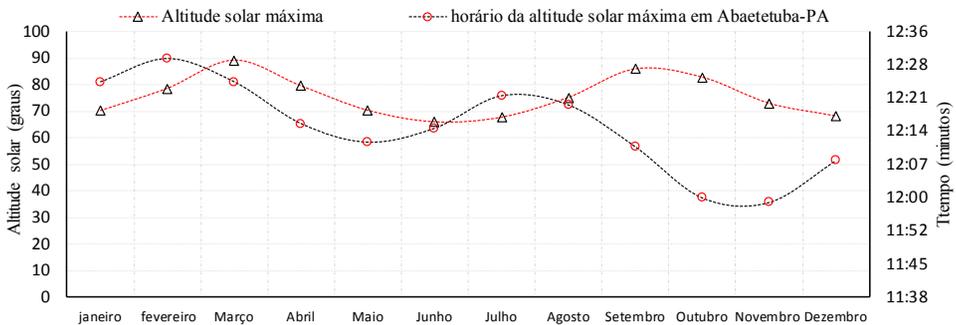


Figura 6– Representação dos ângulos ótimos para a cidade de Abaetetuba-PA

Assim um ângulo ótimo para instalações FV, na cidade de Abaetetuba-PA, de acordo com cada mês é observado na Figura 7.

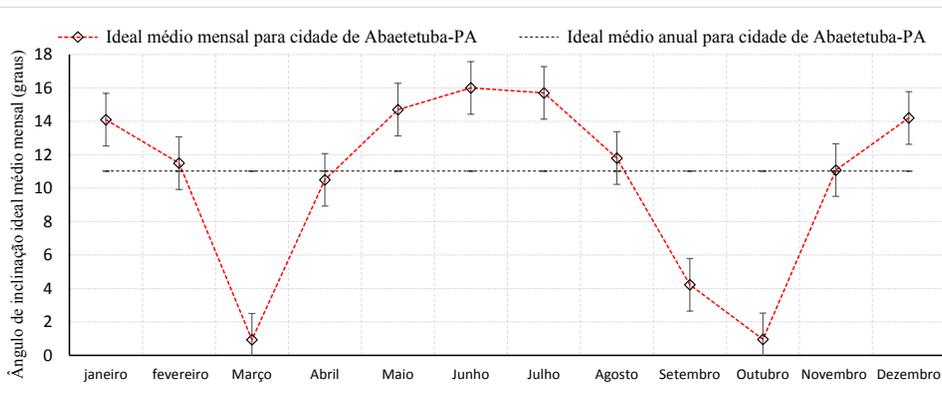


Figura 7– Ângulo de inclinação da superfície do dispositivo fotovoltaico ideal mensal, maximizando a insolação incidente.

Meses	Ângulo de inclinação da superfície		
	Mínimo (graus)	Máximo (graus)	Média (graus)
Janeiro	11,5	14,1	
Fevereiro	0,932	11,5	
Março	0,932	10,5	
Abril	10,5	14,7	10,47
Mai	10,7	16	
Junho	15,7	16	
Julho	11,8	15,7	
Agosto	4,22	11,8	
Setembro	0,95	4,22	
Outubro	0,95	11,08	
Novembro	11,08	14,2	
Dezembro	11,05	14,2	

TABLE 2. Variação do ângulo ideal para o aproveitamento máximo da energia solar em Abaetetuba-PA

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi elaborado um programa que possibilita calcular o ângulo ótimo de inclinação dos PFV e a direção de incidência dos raios solares como uma média mensal para a cidade de Abaetetuba, localizada no baixo tocantins no estado do Pará, para qualquer dia

do ano, em qualquer horário do dia, de modo que esta informação possa servir de suporte para instaladores de sistemas PV. Foi encontrado ângulo ótimo para cada mês, bem como um ângulo ótimo para um ano (10,47°). Os parâmetros calculados a partir desses dados e que se mostraram suficientes a esta análise foram os ângulos de azimute e de altitude solar. Para validar a aplicabilidade do programa, foram extraídos dados da incidência de radiação da cidade de Belém-PA. Através de uma análise qualitativa dos resultados, podem ser aplicados tanto no planejamento da instalação de PV. Como trabalho futuro, almeja-se estender o programa desenvolvido para calcular a variação de sombras provocadas por construções e obstáculos em um dado local, a partir de um modelo gráfico do mesmo, e assim estimar as regiões que estarão livres de sombras durante o ano inteiro e aptas para a instalação PV.

REFERÊNCIAS

Al Garni, H. Z., Awasthi, A., & Wright, D. **Optimal orientation angles for maximizing energy yield for solar PV in Saudi Arabia**. *Renewable Energy* 2018. <https://doi:10.1016/j.renene.2018.10.048>

Bairi, A. **Method of quick determination of the angle of slope and the orientation of solar collectors without a sun tracking system**. *Sol. Wind Technol.* 1990, 7, 327–330. [https://doi:10.1016/0741-983x\(90\)90104-a](https://doi:10.1016/0741-983x(90)90104-a)

Bari, S. **Optimum slope angle and orientation of solar collectors for different periods of possible utilization**. *Energy Convers. Manag.* 2000, 41, 855–860. [https://doi:10.1016/S0196-8904\(99\)00154-5](https://doi:10.1016/S0196-8904(99)00154-5)

Benghanem, M. **Optimization of tilt angle for solar panel: Case study for Madinah, Saudi Arabia**. *Appl. Energy* 2011, 88, 1427–1433. <https://doi:10.1016/j.apenergy.2010.10.001>

Beringer, S.; Schilke, H.; Lohse, I.; Seckmeyer, G. **Case study showing that the tilt angle of photovoltaic plants is nearly irrelevant**. *Sol. Energy* 2011, 85, 470–476. <https://doi:10.1016/j.solener.2010.12.014>

Duffe, J.; Beckman, W. **Solar Engineering of Thermal Processes, 2nd ed.**; John Wiley and Sons: New York, NY, USA, 1991.

Gopinathan, K.K. **Solar radiation on variously oriented sloping surfaces**. *Sol. Energy* 1991, 47, 173–179. [https://doi:10.1016/0038-092x\(91\)90076-9](https://doi:10.1016/0038-092x(91)90076-9)

Guo, M., Zang, H., Gao, S., Chen, T., Xiao, J., Cheng, L., Sun, G. **Optimal Tilt Angle and Orientation of Photovoltaic Modules Using HS Algorithm in Different Climates of China**. *Applied Sciences* 2017, 7(10), 1028. <https://doi:10.3390/app7101028>

Jäger-Waldau, A., 2019. PV Status Report 2019, EUR 29938 EN, **Publications Office of the European Union**, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-12608-9. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC118058>

Khan, R. A., Mahmood, M. R., & Haque, A. **Enhanced energy extraction in an open loop single-axis solar tracking PV system with optimized tracker rotation about tilted axis.** Journal of Renewable and Sustainable Energy 2018, 10 (4), 045301. <https://doi:10.1063/1.4999201>

King, D. L., Boyson, W. E., & Kratochvil, J. A. **Analysis of factors influencing the annual energy production of photovoltaic systems.** Conference Record of the Twenty-Ninth IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 2002., New Orleans, LA, USA, 2002, pp. 1356-1361. <https://doi:10.1109/PVSC.2002.1190861>

Lewis, G. **Optimum tilt of a solar collector.** Solar & Wind Technology. Solar & Wind Technology 1985, 17, 407–410. [https://doi:10.1016/0741-983x\(87\)90073-7](https://doi:10.1016/0741-983x(87)90073-7)

Mas'ud, A., Wirba, A., Alshammari, S., Muhammad-Sukki, F., Abdullahi, M., Albarracín, R., & Hoq, M. **Solar Energy Potentials and Benefits in the Gulf Cooperation Council Countries: A Review of Substantial Issues.** Energies 2018, 11(2), 372. <https://doi:10.3390/en11020372>

Mondol, J.D.; Yohanis, Y.G.; Norton, B. **The impact of array inclination and orientation on the performance of a grid-connected photovoltaic system.** Renew. Energy 2007, 32, 118–140. <https://doi:10.1016/j.renene.2006.05.006>

Pilakkat, D.; kanthalakshmi, S., 2019. **An improved P&O algorithm integrated with artificial bee colony for photovoltaic systems under partial shading conditions.** Solar Energy. Volume 178, 37-47. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.12.008>

PVPS 2019 **Snapshot of Global PV Markets - Report IEA T1-35:2019.** IEA International Energy Agency. ISBN 978-3-906042-83-1 :2019 Snapshot of Global PV Markets, pp. 1-19. <http://www.iea pvps.org/index.php?id=363>

Safitra, A. G., Sholihah, F. H., & Fauziyyah, I. N. **Experimental study of slope angle and low E glazing effects on photovoltaic module.** IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2018, 105, 012027. <https://doi:10.1088/1755-1315/105/1/012027>

Tsalides, P., & Thanailakis, A. **Direct computation of the array optimum tilt angle in constant-tilt photovoltaic systems.** Sol. Cells 1985, 14, 83–94. [https://doi:10.1016/0379-6787\(85\)90008-0](https://doi:10.1016/0379-6787(85)90008-0)

Ulgen, K. **Optimum tilt angle for solar collectors.** Energy Sour. Part A Recovery Util. Environ. E. 2006, 28, 1171–1180. <https://doi:10.1080/00908310600584524>

ÍNDICE REMISSIVO

A

ABS 7, 12, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53

Agitação 1, 2, 4, 6, 7, 8, 12, 14, 15, 20, 69, 203, 204, 207

Ângulo de inclinação 105, 106, 107, 111, 114

Anidrido maleico 33, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46

Aspersão térmica 54, 58, 59, 61, 62, 64, 65, 66

B

Banda larga 87, 94, 95

Blenda PS/PCL 68

C

Cicatrização 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84

Concreto 96, 97, 98, 100, 103, 104, 136, 226, 229, 230, 232, 233, 234, 235, 237, 238, 239

Construção civil 96, 97, 103

D

Desgaste abrasivo 54, 58, 59, 60, 63, 65, 66

E

Ensino 1, 6, 8, 10, 21, 255

F

Feridas 75, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85

Ferrocarbonila 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95

Filme fino 68

Fotodegradação UV 68

I

Impressão 3D 1, 15

Índice de acidez 17, 18, 19, 20, 21

Índice de peróxido 17, 19, 20, 21

M

Materiais absorvedores de radiação eletromagnética 87, 88, 95

Matlab 105, 106, 107

Mecanismo de reação 33, 35, 39

Medicina regenerativa 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84

Mistura 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 12, 15, 34, 37, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 51, 69, 97, 99, 203, 204

Modificação química 33, 38, 39, 40, 41, 46

N

Nanobiomateriais 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84

O

Óleo de soja 17, 19, 21

Operação unitária 2, 23

P

Painéis solares fixos 105

Polipropileno 96, 97, 99, 104

R

Reciclagem 96, 97, 186, 189, 192, 194

Refletividade 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95

Reutilização 17, 18, 19, 96, 186, 189, 191, 194

Revestimentos cerâmicos 54, 55, 56, 60, 67

S

Sedimentação 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32

Separação de partículas 22, 23

Sistemas fotovoltaicos 105, 106

Suspensão 4, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 32, 203, 204

T

Teste de proveta 22, 23, 24

As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021

As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021