

Energia Solar e Eólica 2

Paulo Jayme Pereira Abdala
(Organizador)

 **Atena**
Editora

Ano 2019

Paulo Jayme Pereira Abdala
(Organizador)

Energia Solar e Eólica 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Karine de Lima

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E56 Energia solar e eólica 2 [recurso eletrônico] / Organizador Paulo Jayme Pereira Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Energia Solar e Eólica; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-067-4

DOI 10.22533/at.ed.674192201

1. Energia – Fontes alternativas. 2. Energia eólica. 3. Energia solar. I. Abdala, Paulo Jayme Pereira.

CDD 621.042

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

As chamadas energias renováveis, também conhecidas como energias alternativas ou ainda energias limpas são três denominações possíveis para qualquer forma de energia obtida por meio de fontes renováveis, e que não produzem grandes impactos ambientais negativos. Atualmente, com a grande preocupação mundial em compensar as emissões de CO₂, o consumo deste tipo de energia tem sido o foco de governos e empresas em todo globo.

Neste sentido, o Brasil possui uma matriz energética bastante limpa, onde predomina o uso de hidrelétricas, apesar do crescimento do uso de termelétricas, as quais são abastecidas por combustível fóssil. No Brasil, o setor energético é responsável por grande parte das emissões de CO₂, ficando atrás somente do setor agrícola que reapresenta a maior contribuição para o efeito estufa brasileiro.

A energia proveniente do sol é a alternativa renovável mais promissora para o futuro e, por este motivo tem recebido maior atenção e também mais investimentos. A radiação solar gratuita fornecida pelo sol pode ser captada por placas fotovoltaicas e ser posteriormente convertida em energia elétrica. Esses painéis usualmente estão localizados em construções, como indústrias e casas, o que proporciona impactos ambientais mínimos. Esse tipo de energia é uma das mais fáceis de ser implantada em larga escala. Além de beneficiar os consumidores com a redução na conta de energia elétrica reduzem as emissões de CO₂.

Com relação à energia eólica, o Brasil faz parte do grupo dos dez países mais importantes do mundo para investimentos no setor. As emissões de CO₂ requeridas para operar esta fonte de energia alternativa são extremamente baixas e é uma opção atrativa para o país não ser dependente apenas das hidrelétricas. Os investimentos em parques eólicos vem se tornando uma ótima opção para neutralização de carbono emitidos por empresas, indústrias e etc.

Neste contexto, este EBOOK apresenta uma importante contribuição no sentido de atualizar os profissionais que trabalham no setor energético com informações extremamente relevantes. Ele está dividido em dois volumes contendo artigos práticos e teóricos importantes para quem deseja informações sobre o estado da arte acerca do assunto.

Paulo Jayme Pereira Abdala

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 10 |
| ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A INSTALAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NOS CAMPI IFG ITUMBIARA E URUAÇU | |
| Sergio Batista da Silva Olívio Carlos Nascimento Souto Fernando Nunes Belchior Ghunter Paulo Viajante Elias Barbosa Macedo Vera Ferreira Souza | |
| DOI 10.22533/at.ed.6741922011 | |
| CAPÍTULO 2 | 24 |
| ESTUDO DE VIABILIDADE PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA PLANTA FOTOVOLTAICA INTEGRADA EM UM SHOPPING CENTER DE FORTALEZA - CE | |
| Sofia da Costa Barreto Paulo Cesar Marques de Carvalho | |
| DOI 10.22533/at.ed.6741922012 | |
| CAPÍTULO 3 | 41 |
| ESTUDO DO COMPORTAMENTO E QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DO ABACAXI SECADO EM SECADOR HÍBRIDO SOLAR-ELÉTRICO | |
| Raphaella Soares da Silva Camelo Juliana Lobo Paes Milena Araujo Silva Madelon Rodrigues Sá Braz Dhiego Santos Cordeiro da Silva Camila Lucas Guimarães | |
| DOI 10.22533/at.ed.6741922013 | |
| CAPÍTULO 4 | 54 |
| ESTUDOS TEÓRICOS E EXPERIMENTAIS SOBRE O CUINSE ₂ E SUA APLICAÇÃO EM DISPOSITIVOS FOTOVOLTAICOS | |
| Yuri Hamayano Lopes Ribeiro Denis Gilbert Francis David Marcus Vinícius Santos da Silva Jailton Souza de Almeida | |
| DOI 10.22533/at.ed.6741922014 | |
| CAPÍTULO 5 | 66 |
| EXPERIÊNCIA DE CURSO GRATUITO DE INSTALADOR DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE OFERECIDO PELO IFTO CAMPUS PALMAS | |
| Claudio Silva dos Santos Abimael Ribeiro Martins Adail Pereira Carvalho Brunno Henrique Brito | |
| DOI 10.22533/at.ed.6741922015 | |
| CAPÍTULO 6 | 78 |
| IMPACTO DA LEI PALMAS SOLAR NA ANÁLISE FINANCEIRA DA MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM PALMAS - TO | |
| Isamara Quirino de Castro Carlos Brunno Henrique Brito | |

Felipe Tozzi Bittencourt
DOI 10.22533/at.ed.6741922016

CAPÍTULO 7 91

IMPACTOS DOS INCENTIVOS DOS GOVERNOS DO ESTADO E DO MUNICÍPIO NA MICROGERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA EM PALMAS - TO

Allan Carlos do Nascimento Silva
Brunno Henrique Brito

DOI 10.22533/at.ed.6741922017

CAPÍTULO 8 104

IMPLANTAÇÃO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE DOIS GERADORES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS DIRETAMENTE NO BARRAMENTO C.C. DO LABORATÓRIO DE SISTEMAS HÍBRIDOS/MINIRREDES (GEDAE/UFPA)

Jorge Augusto Leal Corrêa
Claudomiro Fábio de Oliveira Barbosa
Marcos André Barros Galhardo
João Paulo Alves Veríssimo
Israel Hidai Lobato Lemos
Edinaldo José da Silva Pereira
João Tavares Pinho

DOI 10.22533/at.ed.6741922018

CAPÍTULO 9 121

INFLUÊNCIA DA SUJEIRA NA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Elismar Ramos Barbosa
Merlim dos Santos Ferreira de Faria
Fabio de Brito Gontijo

DOI 10.22533/at.ed.6741922019

CAPÍTULO 10 132

INFLUÊNCIA DO ESPECTRO SOLAR EM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS SOB CÉU LIMPO, CÉU PARCIALMENTE NUBLADO E CÉU NUBLADO

Guilherme Marques Neves
Waldeir Amaral Vilela
Enio Bueno Pereira
Luiz Angelo Berni

DOI 10.22533/at.ed.67419220110

CAPÍTULO 11 146

INTENSIFICAÇÃO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM COLETOR SOLAR DE PLACA PLANA ATRAVÉS DE GERADOR DE VÓRTICE LONGITUDINAL DO TIPO DELTA

Felipe Augusto Santos da Silva
Leandro Oliveira Salviano

DOI 10.22533/at.ed.67419220111

CAPÍTULO 12 161

METODOLOGIA COMPUTACIONAL DE CONTROLE DE QUALIDADE DE DADOS DE IRRADIÂNCIA SOLAR

Marcus Vinícius Contes Calça
Matheus Rodrigues Raniero
Alexandre Dal Pai
Carlos Roberto Pereira Padovani
Domingos Mario Zeca Fernando

CAPÍTULO 13 174

PROJETO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ABRIGOS DE PONTOS DE ÔNIBUS NA AV. ALMIRANTE BARROSO – BELÉM/PA

Ana Laura Pinheiro Ruivo Monteiro
Edinaldo José da Silva Pereira
Everton Leandro Santos Amaral
Ítalo de Sousa
Magda Tayane Abraão de Brito

DOI 10.22533/at.ed.67419220113

CAPÍTULO 14 191

PROJETO PRELIMINAR DE UM RADIÔMETRO ABSOLUTO PARA MEDIR A IRRADIÂNCIA SOLAR TOTAL

Franciele Carlesso
Jenny Marcela Rodriguez Gomez
Luiz Angelo Berni
Graziela da Silva Savonov
Luis Eduardo Antunes Vieira
Waldeir Amaral Vilela
Edson Luiz de Miranda

DOI 10.22533/at.ed.67419220114

CAPÍTULO 15 200

PROJETO, DESENVOLVIMENTO E TESTE DE FOGÕES SOLARES

Diego Lopes Coriolano
Erico Diogo Lima da Silva
Iraí Tadeu Ferreira de Resende
Vanina Cardoso Viana Andrade
Denilson Pereira Gonçalves
Renan Tavares Figueiredo
Odésia Leonor Sanchez de Alsina

DOI 10.22533/at.ed.67419220115

CAPÍTULO 16 213

PROPOSTA DE RETROFIT NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO E ESTUDO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM UM DOS BLOCOS DA UTFPR EM CURITIBA

Larissa Barbosa Krasnhak
Jair Urbanetz Junior

DOI 10.22533/at.ed.67419220116

CAPÍTULO 17 229

PROPOSTA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA OTIMIZAÇÃO DO GASTO PÚBLICO COM O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DE UMA UNIDADE DE ENSINO FEDERAL IMPLANTADA NA REGIÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO

Adriano Moraes da Silva
Rebeca Lorena Santos Maia e Silva
Danielle Bandeira de Mello Delgado

DOI 10.22533/at.ed.67419220117

CAPÍTULO 18 246

PLATAFORMA PORTÁTIL E DE BAIXO CUSTO PARA A AQUISIÇÃO DA CURVA CARACTERÍSTICA

DE CÉLULAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

Júlio César Madureira Silva
Augusto César da Silva Bezerra
Claudinei Rezende Calado
Ana Luiza F. Maia
Amanda Ribeiro Amorim

DOI 10.22533/at.ed.67419220118

CAPÍTULO 19 255

SISTEMA DE AQUISIÇÃO PARA PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COM ARMAZENAMENTO DE DADOS EM SERVIDOR REMOTO UTILIZANDO PLATAFORMAS OPEN SOURCE RASPBERRY PI E ARDUINO

José Ilton de Oliveira Filho
Wilk Coelho Maia

DOI 10.22533/at.ed.67419220119

CAPÍTULO 20 263

SUJIDADE DEPOSITADA SOBRE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS INSTALADOS EM GOIÂNIA: MORFOLOGIA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Pedro Victor Valadares Romanholo
Bernardo Pinheiro de Alvarenga
Enes Gonçalves Marra
Sérgio Pires Pimentel

DOI 10.22533/at.ed.67419220120

CAPÍTULO 21 275

TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS SOLARIMÉTRICOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA EMC/UFG

Jéssica Alice Alves da Silva
Bernardo Pinheiro de Alvarenga
Sérgio Pires Pimentel
Enes Gonçalves Marra

DOI 10.22533/at.ed.67419220121

CAPÍTULO 22 290

TESTES DE SENSIBILIDADE PARA DIFERENTES PARAMETRIZAÇÕES CUMULUS DO MODELO WRF PARA MELHORAR AS ESTIMATIVAS DE VENTO

Lucia Iracema Chipponelli Pinto
Francisco Jose Lopes de Lima
Fernando Ramos Martins
Enio Bueno Pereira

DOI 10.22533/at.ed.67419220122

CAPÍTULO 23 303

O ENSINO SOBRE ENERGIAS RENOVÁVEIS NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA NAS UNIVERSIDADES BRASILEIRAS

André Barra Neto
Ana Paula Pinheiro Zago
Márcia Helena da Silva
Mirian Sousa Moreira
José Eduardo Ferreira Lopes

DOI 10.22533/at.ed.67419220123

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 24 | 317 |
| POTENCIALIDADE DO BIOGÁS GERADO PELA CODIGESTÃO ENTRE DEJETO BOVINO E SUÍNO | |
| <ul style="list-style-type: none"> Juliana Lobo Paes Camila Ferreira Matos Gabriel Araújo e Silva Ferraz Giancarlo Bruggianesi Camila Kelly de Queiroz Caroline Stephanie Gomes de Castro Soares | |
| DOI 10.22533/at.ed.67419220124 | |
| CAPÍTULO 25 | 333 |
| SIMULAÇÃO DE UMA PLANTA OTEC DE CICLO FECHADO OPERANDO NO BRASIL | |
| <ul style="list-style-type: none"> Marcus Godolphim de Castro Neves Hélio Henrique Rivabene Ferreira Dias Cassio Roberto Macedo Maia Ricardo Alan Verdú Ramos | |
| DOI 10.22533/at.ed.67419220125 | |
| CAPÍTULO 26 | 344 |
| ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE 24 MESES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE NO ESTADO DO TOCANTINS | |
| <ul style="list-style-type: none"> Brunno Henrique Brito Thálisson Câmara Belém Márcio Serafim de Almeida Felipe Tozzi Bittencourt | |
| DOI 10.22533/at.ed.67419220126 | |
| CAPÍTULO 27 | 359 |
| ESTUDO TECNOLÓGICO DE SISTEMAS DE CULTIVO DE MICROALGAS | |
| <ul style="list-style-type: none"> Robson de Souza Santiago Bruno Lindbergh Sousa Yordanka Reyes Cruz Estevão Freire Suely Pereira Freitas Gisel Chenard Díaz | |
| DOI 10.22533/at.ed.67419220127 | |
| CAPÍTULO 28 | 376 |
| INFLUÊNCIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM AEROPORTOS SOBRE A SEGURANÇA DAS OPERAÇÕES AERONÁUTICAS | |
| <ul style="list-style-type: none"> Francisco Wilson Falcão Júnior Paulo Cesar Marques de Carvalho Wilson Cabral de Sousa Júnior | |
| DOI 10.22533/at.ed.67419220128 | |
| SOBRE O ORGANIZADOR | 390 |

PROJETO, DESENVOLVIMENTO E TESTE DE FOGÕES SOLARES

Diego Lopes Coriolano

Instituto Federal de Sergipe
Aracaju-Sergipe

Erico Diogo Lima da Silva

Instituto Federal de Sergipe
Aracaju-Sergipe

Iraí Tadeu Ferreira de Resende

Instituto Federal de Sergipe
Aracaju-Sergipe

Vanina Cardoso Viana Andrade

Instituto Federal de Sergipe
Aracaju-Sergipe

Denilson Pereira Gonçalves

Instituto Federal de Sergipe
Aracaju-Sergipe

Renan Tavares Figueiredo

Universidade Tiradentes
Aracaju-Sergipe

Odélsia Leonor Sanchez de Alsina

Universidade Tiradentes
Aracaju-Sergipe

RESUMO: Atualmente, com o aumento da população mundial, a necessidade de cozimento de alimentos cresce e com isso existe uma grande necessidade de se obter novas alternativas de geração de calor de maneira sustentável. Nesse contexto, o Brasil necessita de novas fontes geradoras e a

energia solar pode ser uma solução, por ser limpa e renovável. Este trabalho consistiu no projeto, montagem e aplicação de três protótipos de baixo custo de fogões solares. Para a construção do concentrador utilizou-se uma antena tipo parabólica de 900 mm de diâmetro e 50 mm de profundidade com 401 espelhos, de dimensões 40 x 40 mm, colados na superfície da antena, já o tipo caixa foi construído em caixas de papelão de 470 x 350 mm e 300 x 410 mm pintadas em preto e revestidas internamente com papel alumínio, isoladas termicamente, e um vidro na parte superior para ganho de calor com o efeito estufa e o fogão tipo funil foi construído com papelão em forma de um funil gigante, sendo essencial utilizar um recipiente para cobrir a panela e fazer o efeito estufa. A finalidade de artigo é analisar o cozimento de alimentos com o concentrador solar, para demonstrar uma das suas aplicações, e com os fogões solares. O concentrador atingiu temperatura máxima de 187 °C na panela de metal e os fogões solares atingiram a temperatura de 78 °C e 111 °C no tipo caixa e tipo funil, respectivamente. Os três protótipos projetados mostraram eficientes para o cozimento de alimentos, podendo ser uma alternativa viável para substituir o cozimento tradicional com lenha e gás.

PALAVRAS-CHAVE: Fogão Solar, Energia Solar, Sustentabilidade

ABSTRACT: Nowadays, as the world population grows, the need for cooking food grows and there is a great need to obtain heat generation new alternatives in a sustainable way. In this context, Brazil needs new generating sources and solar energy can be a solution, because it is clean and renewable. This work consists of no design, assembly and application of three low-cost prototypes of solar cookers. For the construction of the concentrator was used a parabolic antenna of 900 mm in diameter and 50 mm of depth with 401 mirrors, of dimensions 40 x 40 mm, glues in the surface of the antenna, already has box box built in cartons of 470 x 350 mm and 300 x 410 mm painted in black and internally lined with thermally insulated aluminum foil and a top glass for heat gain with the stove effect and funnel type cooker was built with cardboard in the form of a giant funnel, being essential, use a container to cover a pot and greenhouse. The purpose of the article is to analyze the cooking of food with the solar concentrator, to demonstrate one of its applications, and with the solar cookers. The maximum temperature concentrator of 187 ° C in the metal pan and the solar cookers at the temperature of 78 ° C and 111 ° C not box type and funnel type, respectively. The three prototypes designed were efficient for cooking food, and could be a viable alternative to replace traditional cooking with firewood and gas.

KEYWORDS: Solar Cooker, Solar Energy, Sustainability

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, as energias renováveis, como a energia solar, são usadas em diferentes países em todo o mundo para fins de cocção. O dispositivo que é usado para cozinhar alimentos usando energia solar é conhecido como fogão solar e tem aplicação efetiva em energia solar conversão de energia. A cozedura solar é eficaz nas partes de mundo onde a irradiação solar é entre 450 W/m² a 1100 W/m² (Islam, 2014)

Os fogões solares foram apresentados há muito tempo como uma solução interessante para o problema do mundo de diminuir o uso de lenha e outros problemas ambientais associados à demanda de combustível para cozinhar. O uso de fogões solares resulta em economia de combustível, além de aumentar a segurança energética para as famílias rurais que utilizam combustíveis comerciais. (Al-Soud, 2010)

Yettou (2014) ao considerar as aplicações térmicas da energia solar, o cozimento solar apresenta a melhor opção e mais promissor para a energia solar térmica. Os fogões solares oferecem muitas vantagens, incluindo economia de combustível, redução na emissão de gases de efeito estufa, economia de lenha, baixo custo e alta durabilidade, entre outros. No entanto, em muitas partes do mundo, especialmente nos países em desenvolvimento, os recursos de energia para a cozinha a lenha e os combustíveis fósseis ainda predominam com a maior parcela do consumo global de energia no setor residencial. Esta situação cria sérios problemas ecológicos, como o desmatamento, problemas econômicos e de saúde com o uso de lenha. Por outro lado,

espera-se que a demanda global de energia para cozimento de alimentos aumente com o aumento da população nos próximos anos, podendo agravar ainda mais os problemas supracitados.

Há uma grande quantidade de modelos de fornos solares, desenvolvidos em muitos países. Por exemplo, uma gama diversificada de fornos de concentrador parabólico, também fornos tipo caixa. As cozinhas mais avançadas aparecem em tubos de vácuo, concentradores simples com superfícies refletoras de baixo custo, e assim por diante. O fogão solar é uma tecnologia social que permite ao mesmo tempo a obtenção de bons alimentos e o desenvolvimento sustentável, diminuindo o impacto no meio ambiente, reduzindo, mesmo que parcialmente, o consumo de lenha (Moura, 2007).

É uma maneira simples, segura e conveniente de cozinhar alimentos sem consumir combustíveis, aquecer a cozinha e poluir o meio ambiente. É apropriado para milhões de pessoas em todo o mundo com combustível e recursos financeiros escassos para pagar o combustível para cozinhar. Os fogões solares também podem ser usados para ferver água, fornecendo acesso a água potável para milhões de pessoas, prevenindo as doenças transmitidas pela água. Os fogões solares têm muitas vantagens, sobre a saúde, renda dos usuários e sobre o meio ambiente (Kimambo, 2007).

Dentro os diversos tipos de fogão solar, há o fogão tipo caixa que possui em sua estrutura básica conta com placa refletora e uma superfície enegrecida cuja finalidade é absorver os raios solares. Esta absorção promove a conversão de energia em calor que, suprimido pelo espelho, gera o calor para cocção. Em suma, a capacidade térmica resultante da placa refletora é de extrema importância no funcionamento do fogão, interferindo diretamente na sua eficiência (Cuce, 2013).

O fogão solar tipo funil é um refletor tem a forma de um funil gigante forrado com uma folha de alumínio, fácil de fazer. Esse funil é como um fogão parabólico, exceto pelo fato de que a luz é concentrada ao longo de uma linha (não um ponto) no fundo do funil. (Jones, 2003).

Portanto o objetivo deste trabalho é projetar, desenvolver e testar três tipos diferentes de fogões solares comparando as diferenças térmicas e o tempo de cozimento dos alimentos obtidos pelo uso do fogão solar tipo caixa, tipo funil e tipo concentrador solar.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Fogão Solar Tipo Caixa

O fogão solar utilizado para os experimentos foi o tipo caixa, onde foi levado em

consideração o baixo custo de montagem, sendo os materiais de fácil aquisição e tendo ainda como finalidade a possibilidade do seu uso por famílias de baixa renda, como tecnologia social.

Para a montagem do fogão foram utilizadas duas caixas de papelão de tamanhos diferentes, de forma que uma caixa posicione-se dentro da outra com folga de 20 mm entre as caixas, isopor para realizar o isolamento térmico entre as caixas, um pedaço de papelão maior que a caixa grande, com o intuito de fazer a tampa para refletir os raios solares para dentro do forno e melhorar a eficiência energética, um vidro cortado com tamanho da caixa menor, para diminuir as perdas térmicas, uma chapa de metal de metal preta, para absorver a energia solar e papel alumínio para cobrir a tampa e a parte interna do forno solar, apresentado na Fig. 1.



Figura 1: Detalhe do fogão solar tipo caixa

2.2 Fogão Solar Tipo Concentrador Solar Parabólico

Nos experimentos realizados foi utilizado um concentrador solar de foco fixo montado na base de uma antena parabólica tipo de televisão, com 900 mm de diâmetro e 50 mm de profundidade, projetado um sistema de suporte regulável na altura e direção para melhor ajuste do foco, visando aproveitamento da máxima incidência solar. Na superfície do concentrador, foram utilizados 401 espelhos de área 160 mm² cada, fixados com cola de silicone própria para espelhos, conforme mostra a Fig. 2.



Figura 2: Detalhe do fogão solar com concentrador parabólico

2.3 Fogão Solar Tipo Funil

O fogão Fun-Panel é um fogão solar portátil que se baseia no design do fogão de funil solar. Normalmente feitos de painéis de papelão, que pode ser reciclado de caixas de papelão usadas, com revestimento de superfície reflexiva, como papel alumínio, filmes de poliéster metalizado, folhas de alumínio polido. Os painéis são dobrados de modo a concentrar o foco onde será colocada a panela para cocção. Este tipo de fogão apresenta menor rendimento, temperaturas de até 100 °C ou pouco mais (é possível cozinhar nestas temperaturas). O tempo de cozimento é maior. Para maior rendimento a panela deve ser revestida de saco plástico para fornos (300 °C) ou recipiente de vidro transparente.

Os materiais de construção necessários para fazer um fogão Fun-Panel são simples e de baixo custo. Uma caixa de papelão que mede cerca de 500 mm em todas as arestas. Outros materiais de construção necessários são parafusos, arruelas, papel alumínio e porca plástica. Para construir, corte a caixa de papelão em forma de cubo para obter dois grandes painéis retangulares como mostrado na Fig.3.a. Cada painel retangular grande é composto de uma face quadrada da caixa juntamente com uma aba de cobertura. Colado papel de alumínio em um lado de cada um dos dois grandes painéis de papelão retangulares. Junte os dois grandes painéis retangulares, para formar o fogão, conforme apresta a Fig. 3.b

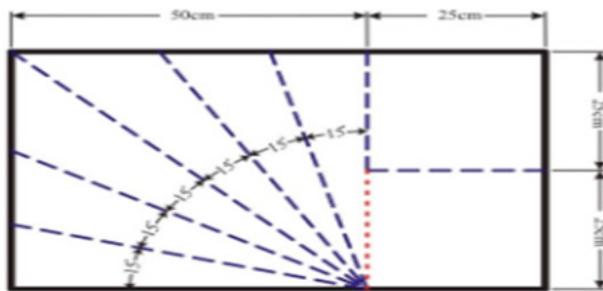


Figura 3.a Dimensões do fogão solar



Figura 3.b Fogão Solar tipo funil

2.4 Instrumentação e Aquisição de Dados

A medição da temperatura do forno solar tipo caixa e tipo funil foram realizadas por um sensor de temperatura tipo K conectado ao multímetro modelo Hiraki HM-2010. Os dados foram coletados manualmente e anotados com intervalo de 5 em 5 minutos, durante os experimentos. Para aferição da temperatura no fogão solar tipo concentrador, utilizou-se uma câmera térmica infravermelha THT47 da HT Instruments que possui uma faixa de temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ com um $0,06\text{ }^{\circ}\text{C}$ de sensibilidade térmica para a medição das temperaturas e um termômetro infravermelho da Fluke com range de -30 a $350\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por fim, para medição da temperatura ambiente utilizou-se a Estação Meteorológica Oregon Scientific - WMR200A instalada no local dos experimentos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Concentrador Solar de Foco Fixo

Foram realizados experimentos no Instituto Federal de Sergipe para obtenção de resultados para comprovação de eficiência do concentrador solar. O primeiro experimento utilizou-se ovos (29/01/2016), o segundo camarão (05/02/2016), o terceiro peixe (20/05/2016), e no quarto frango (20/05/2016) todos com manteiga na frigideira para melhorar o preparo; ambos os experimentos realizados no entre 11h30minh e 13h00min.

Souza et al. (2010) utilizaram uma antena tipo parabólica de 600 mm de diâmetro com o objetivo de verificar a ebulição da água aplicada ao foco do concentrador solar, a temperatura máxima atingida na panela foi de $123\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a temperatura da água $78\text{ }^{\circ}\text{C}$. A segunda etapa do trabalho foi aumentar a eficiência térmica do projeto, para isso foi acoplada outro concentrador de 600 mm de diâmetro e a temperatura máxima foi $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ na panela e a água atingiu $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, comprovando ser eficiente o protótipo construído.

Experimento 1: Ovos.

A estrutura do concentrador foi montada e logo após começou o preparar do ovo que foi exposto ao foco do concentrador, conforme Fig. 4. A escolha do ovo, como primeiro alimento, foi pelo fato de ser um alimento de fácil preparo, para verificar a eficiência do concentrador projetado. O experimento iniciou-se com a temperatura ambiente de 30 °C verificou-se que o foco gerado pelo concentrador estava sendo suficiente, porém um problema naquele dia foram as nuvens. A temperatura máxima na frigideira foi de 117 °C e o experimento teve duração de 31 min.



Figura 4. Frigideira, com ovo, colocada no foco do concentrador solar e o multímetro fazendo a leitura da temperatura na panela.

Experimento 2: Camarão.

Os camarões foram colocados na frigideira e exposto ao foco do concentrador. A temperatura ambiente média no local foi de 31 °C, a temperatura máxima da frigideira, sem os camarões, foi de 182 °C (Fig. 5). Apesar de céu nublado e algumas nuvens a temperatura máxima na frigideira, com os camarões, foi de 162 °C e após 25 min os camarões estavam prontos.

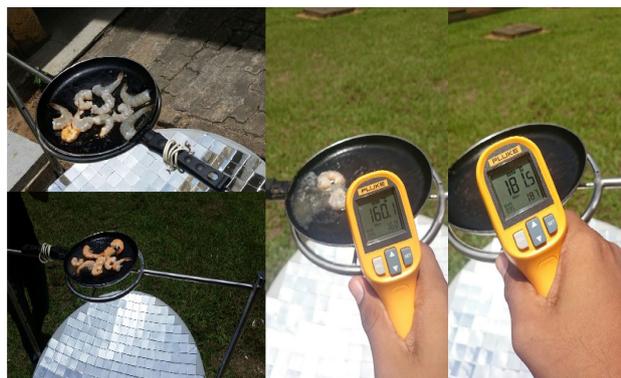


Figura 5. Frigideira, com camarão, colocada no foco do concentrador solar e o multímetro fazendo a leitura da temperatura na panela.

Experimento 3: Peixe

O clima no dia estava favorável, céu claro e sem nuvens, com temperatura ambiente média de 34 °C e céu ensolarado com poucas nuvens. Os filés de peixe foram colocados na frigideira com manteiga (Fig.6), no início do experimento a temperatura

era de 42,4 °C, após 2 min exposto ao Sol a frigideira apresentava uma temperatura de 102,3 °C e atingiu a temperatura máxima de 150 °C, após 6 min. O experimento apresentou êxito e em 26 min o peixe estava cozido.



Figura 6. Frigideira, com peixe, colocada no foco do concentrador solar e o termômetro fazendo a leitura da temperatura na panela.

Experimento 4: Frango

O frango foi colocado na frigideira, untada com manteiga, e colocado no foco do concentrador solar. A temperatura média ambiente no local do experimento era de 34 °C. A temperatura máxima na frigideira foi de 166 °C e assim se manteve estável até que conseguimos fritar o frango, conforme apresenta a Fig. 7. O cozimento teve duração de 31 min apresentou textura e sabor conforme os padrões.

Após a realização dos experimentos, verificou-se que o concentrador solar se mostrou eficiente para o preparo de alimentos, comprovante uma das suas aplicações de conversão de energia. O custo de fabricação do fogão foi de, aproximadamente, R\$120.



Figura 7. Frigideira, com frango, colocada no foco do concentrador solar e o multímetro fazendo a leitura da temperatura na panela.

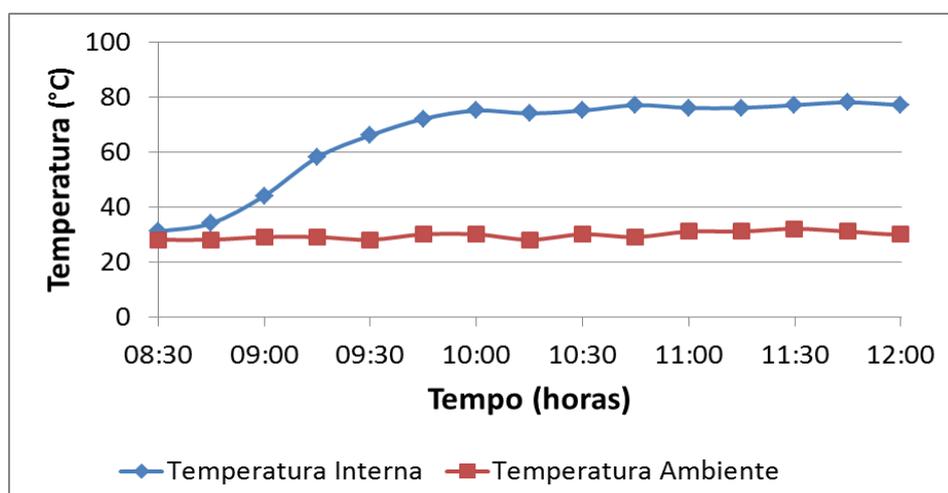
3.2. Fogão Solar Tipo Caixa

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Sergipe no dia 27/05/2016. Visando melhor análise dos dados coletados de temperatura interna do fogão, com o multímetro, foi aferida a temperatura ambiente com o sistema de aquisição de dados de baixo custo, utilizando o sensor LM35 e a plataforma arduino. A Fig. 8 apresenta o fogão solar, a temperatura instantânea no interior do fogão era 78 °C.

Na Fig. 9 indica a temperatura interna do fogão solar e a temperatura ambiente. Utilizou-se duas panelas, a primeira com arroz integral e a segunda com carne moída com legumes. Para o cozimento dos alimentos foi necessário um tempo de exposição ao Sol de 3 h e 20 min. Percebe-se que a temperatura interna do fogão cresceu nos primeiros 90 minutos e, praticamente, manteve-se estável em 78 °C. Já a temperatura ambiente, houve uma variação entre o valor máximo e mínimo de 4 °C e apresentou uma média de 33,2 °C durante o experimento. Moura (2007) utilizou um forno solar tipo caixa, visando o preparo de pizza pré-cozida, e atingiu temperatura máxima de 71 °C com temperatura ambiente de 32 °C com tempo de preparo de 1h e 09min.



Figura 8: Fogão solar para cozimento de alimentos.



3.3 Fogão Solar Tipo Funil

O experimento foi realizado no IFS no dia 18/11/2017 para o cozimento de carne moída com legumes. Teve início às 9h e terminou às 11:15. A temperatura máxima registrada no interior da panela foi de 111 °C aferida com o sensor de temperatura tipo K conectado ao multímetro modelo Hiraki HM-2010 e a temperatura ambiente máxima foi 32,6 °C registrada com a estação meteorológica instalada no local do experimento. A Fig. 10 apresenta o alimento ao final do cozimento com o fogão solar tipo funil.



Figura 10: Carne moída com legumes após 2h15min cozinhando no fogão solar tipo funil

Nesse experimento constatou-se a necessidade de acompanhar junto com a temperatura ambiente a radiação solar da região. Os dados de radiação solar no nível do solo são importantes para uma ampla gama de aplicações em meteorologia, engenharia, ciências agrícolas (particularmente para física do solo, hidrologia agrícola, modelagem de culturas e estimativa de evapotranspiração de culturas), bem como na saúde. (Belúcio, 2014; Badescu, 2014).

Na Fig. 11 apresenta o gráfico com a temperatura interna da panela, temperatura ambiente e a radiação solar coleta através do INMET, 2017.

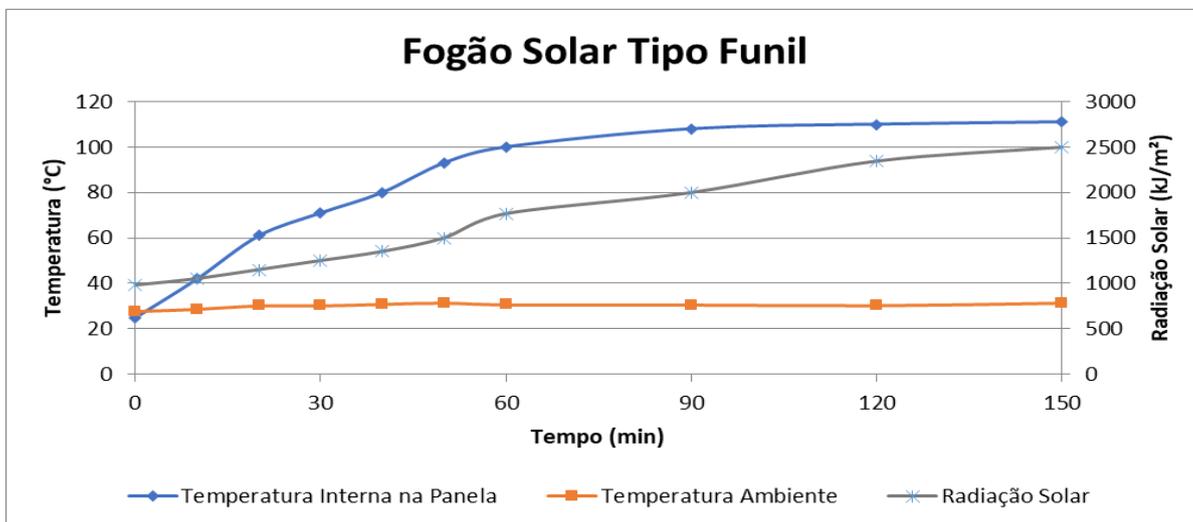


Figura 11: Temperatura interna na panela, temperatura ambiente e radiação solar no experimento do fogão tipo funil

4 | CONCLUSÕES

O uso da energia solar, por ser uma energia limpa e renovável, vem sendo ampliado cada vez mais, como também a busca de novas tecnologias para o seu aproveitamento, tal pesquisa pôde evidenciar a exploração de uma nova fonte de energia para a produção de alimentos, com um produto saudável, de baixo custo e com a utilização de matérias-primas acessíveis.

O fogão solar tipo concentrador de foco fixo apresentou a maior temperatura na panela, ainda sem o alimento (182 °C), após inserir os alimentos houve uma diminuição da temperatura que não comprometeu a cocção. O fogão tipo concentrador solar foi utilizado para fritar os alimentos. Já o fogão tipo caixa atingiu temperatura máxima de 78°C em 90 min e também obteve sucesso na cocção da carne moída com legumes e do arroz integral em aproximadamente 210 min. Por fim, o fogão tipo funil registrou temperaturas acima de 110 °C e cozinhou carne moída com legumes em 135 min.

Portanto, os resultados obtidos a partir deste trabalho mostram que, em várias condições de insolação e vento, diferentes tipos de fogões solares são superiores aos outros, apresentando vantagens e desvantagens em cada caso particular.

A comparação entre os três tipos de fogões mostra que nas melhores condições de operação, os fogões solares tipo caixa têm menor temperatura em comparação com os fogões tipo funil. O fogão solar tipo concentrador atingiu temperaturas mais elevadas e, conseqüentemente, tempos de cozimento mais baixos do que qualquer outro fogão testado em dias ensolarados sem nuvens e céu limpo. Recomenda-se que o concentrador solar seja o tipo de fogão mais adequado em áreas com longas durações de forte radiação solar sem cobertura de nuvens e, principalmente, baixa interferência do vento.

Os fogões solares mostram-se como protótipos ideais de captação da energia

solar, mesmo em meses de pouca incidência solar, sendo capaz de atingir altas temperaturas em pouco tempo e, assim, realizar o cozimento dos alimentos. Ademais, a capacidade térmica do concentrador pode ser utilizada para fins diversos dentro do ramo energético. Além disso, o uso de fogões solares ao invés do fogão convencional é importante para a conscientização socioambiental da população sobre a utilização de energias limpas e que não atingem negativamente o meio ambiente.

As tecnologias de cozimento solar podem desempenhar um papel fundamental para reduzir ou substituir o consumo de energia de outras fontes em um futuro próximo. Adicionalmente, a cozinha solar é a melhor opção que oferece um uso promissor para a energia solar. Além de suas diversas vantagens (por exemplo, economia de combustível e energia elétrica, redução de CO₂, conservação de lenha e etc.), a divulgação em grande escala de fogões solares ainda é limitada devido a diversos problemas. Para superar essa limitação e apreender mais benefícios desses sistemas, mais tentativas de pesquisa devem ser realizadas no futuro em todo o mundo, para aumentar sua eficiência e melhorar seu desempenho atual.

Como trabalhos futuros, recomenda-se a medição da radiação solar em todos os experimentos e com estações solarimétrica instaladas no local onde o experimento está sendo realizado e com coletas das informações em intervalos menores aos que foram apresentados nesse trabalho.

REFERÊNCIAS

- Al-Soud, M. S., Abdallah, E., Akayleh, A., Abdallah, S., & Hrayshat, E. S. (2010). **A parabolic solar cooker with automatic two axes sun tracking system**. *Applied Energy*, 87(2), 463-470.
- Arenas JM (2007) **Design, development and testing of a portable parabolic solar kitchen**. *Renew Energy* 32:257–266
- Badescu, V. **Modeling solar radiation at the earth's surface**. Springer, 2014.
- Belúcio, L. P., da Silva, A. P. N., Souza, L. R., & de Albuquerque Moura, G. B. (2014). **Radiação solar global estimada a partir da insolação para Macapá (AP)**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 29(4), 494-504.
- Cuce, Erdem; Cuce, P. M. **A comprehensive review on solar cookers**. *Applied Energy*, v. 102, p. 1399-1421, 2013.
- INMET, **Consulta Dados da Estação Automática**. 2017. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acessado 18 nov. 2017.
- Islam, Md Didarul et al. **Indirect Solar Cooking Using a Novel Fresnel Lens and Determination of its Energy and Exergy Efficiencies**. In: ASME 2014 12th Biennial Conference on Engineering Systems Design and Analysis. American Society of Mechanical Engineers, 2014. p. V002T09A011-V002T09A011.
- Jones, S. E. **O Fogão Solar de Funil Como fazer e usar o Fogão e Refrigerador Solar da BYU**. Brigham Young University. Disponível em: < <http://solarcooking.org/portugues/funnel-pt.htm> > Acessado em 10 nov. 2017.

Kimambo, C. Z. M. **Development and performance testing of solar cookers**. Journal of energy in Southern Africa, v. 18, n. 3, p. 41-51, 2017.

Moura, J. P. **Construção e avaliação térmica de um fogão solar tipo caixa**, Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, 2007.

Mussard, Maxime; Gueno, Alexandre; Nydal, Ole Jørgen. **Experimental study of solar cooking using heat storage in comparison with direct heating**. Solar Energy, v. 98, p. 375-383, 2013.

Souza, L. G. M.; Ramos Filho, R. E.; Medeiros JR., A. P.; Bezerra, C. M.; Rebouças, G. F. S.; CABRAL, R. **Fogão Solar com Parábola Reciclável de Antena** VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, Campina Grande, 2010.

Yettou, F. et al. **Solar cooker realizations in actual use: An overview**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 37, p. 288-306, 2014.

SOBRE O ORGANIZADOR:

Paulo Jayme Pereira Abdala possui graduação em Engenharia Eletrônica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - RJ (1988), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2005) e pós-graduação em Gestão de Aviação Civil pela Universidade de Brasília (2003). Entre 1989 e 2008 foi Chefe do Laboratório de Ruído Aeronáutico e Emissões de Motores do DAC/ANAC, tendo desenvolvido centenas de estudos sobre poluição sonora e atmosférica oriundas da atividade aeronáutica. Foi representante oficial do Brasil em diversos Fóruns Internacionais sobre meio ambiente promovidos pela Organização de Aviação Civil Internacional OACI - Agência da ONU. Foi Coordenador dos Cursos de Engenharia de Produção, Elétrica, Civil e Mecânica na UNOPAR/PG entre 2013 e 2018. Atualmente é Consultor Independente para a AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, OACI e INFRAERO. Tem experiência na área de Engenharia Eletrônica, atuando principalmente nos seguintes temas: acústica, meio ambiente e pedagogia (metodologia TRAINAIR/OACI).

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-067-4



9 788572 470674