

A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias

Marcia Regina Werner Schneider Abdala
(Organizadora)

 **Atena**
Editora
Ano 2019

Marcia Regina Werner Schneider Abdala
(Organizadora)

A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

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)

A642 A aplicação do conhecimento científico nas engenharias [recurso eletrônico] / Organizadora Marcia Regina Werner Schneider Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-244-9

DOI 10.22533/at.ed.449190404

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovação. I. Abdala, Marcia Regina Werner Schneider. II. Série.

CDD 620.0072

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

O conhecimento científico é extremamente importante na vida do ser humano e da sociedade, pois possibilita entender como as coisas funcionam ao invés de apenas aceita-las passivamente. Mediante o conhecimento científico é possível provar muitas coisas, já que busca a veracidade através da comprovação.

Sendo produzido pela investigação científica através de seus procedimentos, surge da necessidade de encontrar soluções para problemas de ordem prática da vida diária e para fornecer explicações sistemáticas que possam ser testadas e criticadas através de provas. Por meio dessa investigação, obtêm-se enunciados, leis, teorias que explicam a ocorrência de fatos e fenômenos associados a um determinado problema, sendo possível assim encontrar soluções ou, até mesmo, construir novas leis e teorias.

Possibilitar o acesso ao conhecimento científico é de suma importância para a evolução da sociedade e do ser humano em si, pois através dele adquirem-se novos pontos de vista, conceitos, técnicas, procedimentos e ferramentas, proporcionando o avanço na construção do saber em uma área do conhecimento.

Na engenharia evidencia-se a relevância do conhecimento científico, pois o seu desenvolvimento está diretamente relacionado com o progresso e disseminação deste conhecimento.

Neste sentido, este E-book, composto por dois volumes, possibilita o acesso as mais recentes pesquisas desenvolvidas na área de Engenharia, demonstrando a importância do conhecimento científico para a transformação social e tecnológica da sociedade.

Boa leitura!

Marcia Regina Werner Schneider Abdala

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DESENVOLVIMENTO DE ARCABOUÇOS DE PLGA E PLDLA COM POROS INTERCONECTADOS DIRECIONADOS PARA ENSAIOS DE CULTURA DE CÉLULAS ÓSSEAS	
Joelen Osmari Silva Anna Maria Gouvea Melero Juliana Almeida Domingues Adriana Motta de Menezes Moema de Alencar Hausen Daniel Komatsu Vagner Roberto Botaro Eliana Aparecida de Rezende Duek	
DOI 10.22533/at.ed.4491904041	
CAPÍTULO 2	12
ENSAIOS IN VITRO E IN VIVO DE <i>SCAFFOLDS</i> DE PLGA INCORPORADOS COM ÓLEO-RESINA DO GÊNERO COPAIFERA SSP. PARA REPARAÇÃO DE TECIDOS	
Ana Luiza Garcia Massaguer Millás João Vinícios Wirbitzki da Silveira Rodrigo Barbosa de Souza Maria Beatriz Puzzi Edison Bittencourt Ivan Hong Jun Koh	
DOI 10.22533/at.ed.4491904042	
CAPÍTULO 3	26
MEMBRANAS MICROFIBROSAS DE POLI (L-ÁCIDO LÁCTICO) (PLLA) PARA REPARO ÓSSEO	
Bárbara Etruri Ciocca	
DOI 10.22533/at.ed.4491904043	
CAPÍTULO 4	32
ESTUDO DO POTENCIAL MICROBIOLÓGICO DE NANOCRISTAIS HÍBRIDOS DE ZnO DOPADOS COM AgO	
Ellen Quirino de Sousa Lucas do Nascimento Tavares Caio César Dias Resende Lorraine Braga Ferreira Carlos José Soares Anielle Christine Almeida Silva Luís Ricardo Goulart Filho Letícia de Souza Castro Filice	
DOI 10.22533/at.ed.4491904044	
CAPÍTULO 5	42
PROCESSAMENTO DE LIGAS Mg-Zn-Ca PARA USO EM IMPLANTES CIRÚRGICOS UTILIZANDO A TÉCNICA DE METALURGIA DO PÓ	
Jorge Alberto de Medeiros Carvalho José Adilson Castro Alexandre Antunes Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.4491904045	

CAPÍTULO 6 54

“VIABILIDADE DO USO DE CASCAS DE OVOS NA SÍNTESE DA HIDROXIAPATITA UTILIZANDO O MÉTODO SOL-GEL

Marilza Sampaio Aguilar
José Brant de Campos
Marcelo Vitor Ferreira Machado
Francisco José Moura
Suzana Bottega Peripolli
Vitor Santos Ramos
Adilson Claudio Quizunda
Marla Karolyne dos Santos Horta

DOI 10.22533/at.ed.4491904046

CAPÍTULO 7 63

ESTUDO DA VELOCIDADE DE ADIÇÃO DOS REAGENTES NA SÍNTESE DE HIDROXIAPATITA PELO MÉTODO SOL-GEL UTILIZANDO CASCAS DE OVOS DE GALINHA COMO PRECURSORES

Marilza Sampaio Aguilar
José Brant de Campos
Marcelo Vitor Ferreira Machado
Francisco José Moura
Suzana Bottega Peripolli
Vitor Santos Ramos
Adilson Claudio Quizunda
Marla Karolyne dos Santos Horta

DOI 10.22533/at.ed.4491904047

CAPÍTULO 8 70

MEDIDAS DE MICRODUREZA VICKERS EM HIDROXIAPATITA SINTETIZADA PELO MÉTODO SOL-GEL UTILIZANDO A CASCA DO OVO DE GALINHA COMO PRECURSOR

Marilza Sampaio Aguilar
José Brant de Campos
Marcelo Vitor Ferreira Machado
Francisco José Moura
Suzana Bottega Peripolli
Vitor Santos Ramos
Adilson Claudio Quizunda
Marla Karolyne dos Santos Horta

DOI 10.22533/at.ed.4491904048

CAPÍTULO 9 86

ESTUDO TEÓRICO E EXPERIMENTAL DE CORROSÃO DE ARMADURAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS ÀS AÇÕES DE CLORETOS E DE CARBONATAÇÃO

Wanessa Souza de Lima
Marcelo Lima Silva
Fuad Carlos Zarzar Júnior
Romilde Almeida de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.4491904049

CAPÍTULO 10 105

ANÁLISE DA CORROSÃO DE BARRAS NO CONCRETO ARMADO E PREVISÃO DE VIDA ÚTIL POR MEIO DE MODELO COMPUTACIONAL

Wanessa Souza de Lima
Romilde Almeida de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.44919040410

CAPÍTULO 11	124
ARGAMASSAS DE REJUNTE EXPOSTAS AOS CICLOS DE MOLHAGEM E SECAGEM	
Valéria Costa de Oliveira Emílio Gabriel Freire dos Santos Rafael Alves de Oliveira Júlia Silva Maia	
DOI 10.22533/at.ed.44919040411	
CAPÍTULO 12	136
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO (CAD) QUANDO SUBMETIDO A TEMPERATURAS ELEVADAS	
Klayne Kattiley dos Santos Silva Amâncio da Cruz Filgueira Filho Emerson Fernandes da Silva Alves Fernando Artur Nogueira Silva	
DOI 10.22533/at.ed.44919040413	
CAPÍTULO 13	151
COMPORTAMENTO DO CONCRETO EM RELAÇÃO AO ATAQUE QUÍMICO POR SULFATOS	
Amanda Gabriela Dias Maranhão Fuad Carlos Zarzar Júnior Romilde Almeida de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.44919040414	
CAPÍTULO 14	162
DURABILIDADE DE ESTRUTURAS CIMENTÍCIAS SUBMETIDAS A ATAQUES DE ÍONS SULFATOS	
Artur Buarque Luna Silva Fuad Carlos Zarzar Júnior Romilde Almeida de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.44919040415	
CAPÍTULO 15	170
SUGARCANE BAGASSE ASH INTO SILICON PRODUCTS	
Angel Fidel Vilche Pena Agda Eunice de Souza Silvio Rainho Teixeira	
DOI 10.22533/at.ed.44919040416	
CAPÍTULO 16	177
ENSAIO NÃO DESTRUTIVO BASEADO NA INTERAÇÃO DE LINHAS DE CAMPO MAGNÉTICO PARA O ACOMPANHAMENTO DA PERDA DE MASSA EM MATERIAIS METÁLICOS	
David Domingos Soares da Silva Franklin Lacerda de Araújo Fonseca Júnior Alysson Domingos Silvestre	
DOI 10.22533/at.ed.44919040417	
CAPÍTULO 17	183
ANÁLISE TÉCNICA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA SOLAR RESIDENCIAL OFF-GRID NA ZONA URBANA DE FORTALEZA-CE	
Francisco Jeandson Rodrigues da Silva Cauli Guray Melo Freitas Fellipe Souto Soares Douglas Aurélio Carvalho Costa	

Obed Leite Vieira

DOI 10.22533/at.ed.44919040418

CAPÍTULO 18 197

RECREIAÇÃO DO EXPERIMENTO DE HERTZ

Camila Alice Silva Santos

Cláudia Timóteo de Oliveira Rufino

Denikson Figueiredo de Vasconcelos

Ericveiber Lima Dias Clemente

Gustavo Henrique Mathias de Lima

DOI 10.22533/at.ed.44919040419

CAPÍTULO 19 205

UTILIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE SOLDAGEM PARA CONTROLE DO NÍVEL DE PLANICIDADE DE UM ITEM SOLDADO UTILIZADO EM UM EQUIPAMENTO AGRÍCOLA

Alex Sandro Fausto dos Santos

Eduardo Carlos Mota

DOI 10.22533/at.ed.44919040420

SOBRE A ORGANIZADORA 219

ANÁLISE TÉCNICA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA SOLAR RESIDENCIAL OFF-GRID NA ZONA URBANA DE FORTALEZA-CE

Francisco Jeandson Rodrigues da Silva

Universidade Federal do Ceará

Fortaleza – Ceará

Cauli Guray Melo Freitas

Centro Universitário Unifanor Wyden

Fortaleza – Ceará

Fellipe Souto Soares

Universidade Federal do Ceará

Fortaleza – Ceará

Douglas Aurélio Carvalho Costa

Centro Universitário 7 de Setembro

Fortaleza – Ceará

Obed Leite Vieira

Universidade Federal do Ceará

Fortaleza – Ceará

RESUMO: O Brasil possui inúmeras fontes de alternativa para auxiliar a produção de energia elétrica, uma delas é o sistema fotovoltaico, que transforma a radiação solar por células fotovoltaicas em forma de energia elétrica. Este trabalho apresenta uma análise da implantação de sistema gerador fotovoltaico em modalidade denominada Off-Grid, constituído por placas captoras de luz solar que agregam o progresso tecnológico entre os parques industriais nacionais, assim como políticas socioeconômicas brasileiras de geração de energia e desenvolvimento. Além disso, o

estudo destaca-se as possibilidades técnicas e econômicas sobre um sistema residencial, determinado por dimensionamento de sistema doméstico com sistema isolado a rede da concessionária local, contribuindo com a matriz energética nacional partindo de pesquisa bibliográfica e documental sobre o sistema, delineando o cenário de geração de energia, caracterizado por microgeradores residenciais, com o objetivo de prover economia à população e incentivo à busca de fontes sustentáveis de geração de energia afetando menos o meio ambiente e contribuindo para redução do efeito estufa. O estudo mostrou uma viabilidade econômica satisfatória na instalação de painéis fotovoltaicos para abastecimento residencial no município de Fortaleza, pois resultados mostraram o tempo de retorno financeiro que o sistema fotovoltaico off-grid teria é de 6 anos, ou seja, a partir deste tempo o investimento inicial do projeto proposto seria completamente quitado. Além disso, verificou-se que o sistema implementado gera cerca de 128,46 kWh de energia elétrica por mês, representando uma economia de R\$ 1.142,16/ano, variando dependendo das tarifas contratadas com a concessionária local (ENEL) para fornecimento de energia.

PALAVRAS CHAVE: Geração fotovoltaica. Energia solar. Sistema Off-Grid.

ABSTRACT: Brazil has numerous sources of alternative to support the production of electric energy, one of them is the photovoltaic system, which transforms solar radiation by photovoltaic cells in the form of electric energy. This work presents an analysis of the implantation of a photovoltaic generator system in an Off-Grid mode, consisting of solar light capture plates that aggregate technological progress among national industrial parks, as well as Brazilian socioeconomic policies for energy generation and development. In addition, the study highlights the technical and economic possibilities of a residential system, determined by the design of a domestic system with an isolated system, the network of the local concessionaire, contributing with the national energy matrix starting from bibliographic and documentary research on the system, delineating the scenario of energy generation, characterized by residential micro generators, with the objective of providing savings to the population and encouraging the search for sustainable energy sources that affect less the environment and contribute to the reduction of the greenhouse effect. The study showed a satisfactory economic feasibility in the installation of photovoltaic panels for residential supply in the city of Fortaleza, as results showed the financial time of return that the off-grid photovoltaic system would have is 6 years, that is, from this time the investment project would be completely removed. In addition, it was verified that the implemented system generates around 128.46 kWh of electricity per month, representing a saving of R \$ 1,142.16 / year, varying depending on the rates contracted with the local utility (ENEL) for the supply of energy.

KEYWORDS: Photovoltaic generation. Solar energy. Off-Grid System.

1 | INTRODUÇÃO

Hoje em dia o tema sustentabilidade já faz parte do nosso cotidiano. Ao passar dos anos estamos cada vez mais conscientes de sua importância para o planeta e para nossas vidas. Sustentabilidade não é um compromisso ou obrigação de um segmento específico. Deve estar presente em todas as áreas que envolvam a humanidade e principalmente, na consciência de cada um de nós.

O Brasil é um país abundante em diversidade biológica e cultural, e possui uma vasta extensão territorial, a reflexão sobre a preservação de seus recursos naturais torna-se muito importante, principalmente nas circunstâncias atuais, em que o mundo assiste a insuficiência de fontes de energia elétrica que antes pareciam eternas e cuja ausência já assombra o futuro das gerações que virão.

O país encontra-se diante de uma crise hídrica em níveis críticos e preocupante, crise esta que se mostra como um dos grandes desafios sociais e econômicos, uma vez que afeta diretamente a vida dos brasileiros, Pacheco (2006) defende que há uma grande necessidade de se utilizar outras fontes naturais para geração de eletricidade, como a radiação solar, a eólica, os combustíveis fósseis e a biomassa.

Uma energia responsável pelo desenvolvimento e manutenção da vida na Terra, o sol pode ser visto, de acordo com a nossa escala de tempo e com os atuais níveis

de consumo energético, como uma fonte de energia inesgotável. O aproveitamento da energia gerada por este astro é, sem sombra de dúvidas, uma das alternativas energéticas mais promissoras para a humanidade (GALDINO et. al., 2002).

Segundo Markvart e Castañer (2003) a energia fotovoltaica nos ajuda a evitar a maioria das ameaças associadas com as nossas técnicas atuais de produção de eletricidade podendo suprir a demanda energética de uma vasta gama de aplicações, escalas, climas e localizações geográficas. Ela pode ser a fonte energética de pessoas com difícil acesso a rede de distribuição local das distribuidoras de energia elétrica, permitindo a substituição de tecnologias arcaicas como lamparinas a querosene por utilização de lâmpadas e utensílios domésticos a eletricidade, provendo assim uma melhor qualidade de vida para a população, evitando usar outras tecnologias que polua o meio ambiente, como por exemplo, geradores a base de óleo diesel.

A energia fotovoltaica é originada da captação da energia proveniente da radiação do sol, através das células fotovoltaicas que são capazes de gerar corrente elétrica contínua. Desta forma, enquanto a luz do sol estiver agindo, brilhando, as células fotovoltaicas tem a capacidade de desempenhar sua função na produção de eletricidade, sem a necessidade de uma fonte externa. Segundo Palz (2002, p.18) "a energia solar recebida pela terra a cada ano é dez vezes superior à contida em toda a reserva de combustíveis fósseis. Mas, atualmente a maior parte da energia utilizada pela humanidade provém de combustíveis fósseis".

Este tipo de fonte de energia apresenta inúmeras vantagens, entre os benefícios podemos citar: é uma energia limpa, não polui, não consome combustível, a instalação é simples e sua manutenção mínima, a vida útil dos painéis é comprovadamente de 25 anos, permite a autossuficiência energética (CUORE, 2009). Porém este tipo de energia também possui algumas desvantagens como: alto custo inicial de aquisição, baixos níveis de rendimento e principalmente ter que levar em conta condições climáticas, devido à dependência exclusiva da radiação solar.

O sistema Off-Grid são aqueles sistemas autônomos, independentes da rede de distribuição de energia elétrica, que se sustentam através de baterias, que são seus dispositivos de armazenamento. Já o sistema Grid-Tie precisa, necessariamente, estar conectado à rede de distribuição de energia. Portanto, o sistema escolhido para implementação foi o Off-grid devido não possuir a necessidade interligação a rede diminuindo a burocracia, não há necessidade de pagar conta de luz, em caso de falta possui o sistema de armazenamento e pode ser utilizado em região remotas (ALMEIDA et. al., 2015).

Por essa razão, a Geração Distribuída consiste na geração de energia elétrica próxima ao consumidor, economizando investimentos em transmissão e reduzindo as perdas técnicas. Apesar da implementação do sistema não ser em uma zona distante das redes de transmissão, em locais isolados, a pesquisa também irá enfatizar e incentivar a aplicação da tecnologia nestes tipos de localidades.

A partir desse sistema será analisado o impacto na conta de energia e

posteriormente analisar qual foi a influência no faturamento da residência, pois mesmo que seja mínimo para um protótipo é possível verificar utilizando uma estimativa para uma planta de maior potência instalada.

2 | METODOLOGIA

No que tange a metodologia, este estudo é fruto de duas etapas: bibliográfica (pesquisa sobre o estado da arte) e de campo (implementação de um sistema).

A primeira etapa realizada através de consultas em diversas fontes, sendo as principais: livros, artigos de internet, teses, revistas, etc. Através dessa pesquisa será possível adquirir um conhecimento mais aprofundado sobre energia solar com sistema isolado off grid na classe residencial.

A segunda e última etapa - de campo - será realizada através da implementação de um protótipo de um sistema fotovoltaico off grid com seis placas de potência 140 W e um inversor de 3500 W em uma residência.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O dimensionamento do sistema de placas fotovoltaicas foi dividido em quatro etapas: cálculo do consumo diário, dimensionamento da bateria, dimensionamento de painéis fotovoltaicos e dimensionamento do inversor. Em seguida será comentado detalhes da implementação do projeto.

3.1 Cálculo do consumo diário

A Tabela 01 apresenta as contribuições de cada aparelho elétrico no consumo médio mensal da residência, sem considerar o ar condicionado, ventiladores, banheira com hidromassagem, secador de cabelo e prancha que ficaram alimentados pelo circuito de tomadas do piso L1 conectado na rede da concessionária de energia elétrica.

APARELHOS	QUANTIDADE	POTÊNCIA MÉDIA (WATT)	NÚMERO DE DIAS NO MÊS ESTIMADO	TEMPO MÉDIO DE UTILIZAÇÃO POR DIA	CONSUMO MÉDIO MENSAL (KWh)
Televisor 42"	1	95	30	6	17,10
Lâmpadas LED	32	10	30	2,5	24,00
Geladeira Duplex	1	170	30	10	51,00
Gelágua	1	97	30	6	17,46
Microondas	1	1200	30	1min	0,60
Liquidificador	1	900	15	5min	1,13
Grill	1	1000	30	1min	0,50

Notebook	1	50	30	4	6,00
Máq. de lavar	1	618	8	1	4,94
Celulares	2	4	30	12	2,88
Bomba d'água	1	380	30	15min	2,85
TOTAL					128,46

Tabela 01 - Consumo médio mensal por aparelho do sistema Off- Grid

Fonte: Próprio Autor (2017).

Dividindo o valor do consumo médio mensal pelo número de dias do mês (30), encontramos uma média do consumo diário, por tanto, temos um total consumido de 4,282 kWh.

3.2 Dimensionamento da bateria

Para o dimensionamento serão consideradas baterias utilizadas no projeto de ciclo profundo e com 90% de descarga diária, assim a energia nominal mínima das baterias deve ser:

$$E_{bateria} = \frac{Cmd}{Db} = \frac{4281,97}{0,9} = 4757,74 Wh \quad (1)$$

Em que:

$E_{bateria}$ é a energia nominal mínima das baterias;

Cmd é o consumo médio diário;

Db é a descarga diária da bateria.

As baterias utilizadas possuem tensão nominal de 12 Vcc e com capacidade de 170 Ah (facilmente encontradas no mercado), tem-se que sua capacidade será dada por:

$$C = \frac{Cmd}{Vcc} = \frac{4757,74}{12} = 396,48 Ah \quad (2)$$

Em que:

C é a capacidade da (s) baterias;

Cmd é o consumo médio diário;

Vcc é a tensão nominal da (s) baterias.

Aproximando a descarga diária (90%) da bateria em 356,83 horas, a partir de uma simples regra de três temos que a taxa de descarga completa se dará em aproximadamente 396 horas. Será necessária três baterias do tipo C100 com 170 Ah de capacidade, ou melhor, a bateria Estacionária Freedom, modelo DF2500 com capacidade de 170 Ah, vai atender bem às nossas necessidades, seu valor de mercado é aproximadamente R\$ 480,00.

3.3 Dimensionamento dos painéis fotovoltaicos

Segundo Rocha Filho (2016) os altos índices de irradiação solar diária, com valor médio de 5,4 kWh/m² durante os dias de experimentos (9, 20 e 22 de junho de 2016), na cidade de Fortaleza, de latitude -3,74°, contribuíram para a obtenção de valores consideráveis de ganho. O valor utilizado como referência no cálculos será de 5,4 kWh/m², portanto a potência mínima do sistema, sem levar em consideração as perdas, que deve ser suficiente para suprir o consumo médio diário neste mês, pode ser calculada:

$$P = \frac{C_{md}}{G} = \frac{4281,97}{5,4} = 792,96 \text{ W} \quad (3)$$

Em que:

P é a potência mínima do sistema;

C_{md} é o consumo médio diário;

G é a irradiância média do local.

Aproximando o total de perdas nos cabeamentos em 1,5%, perdas na conversão de energia na bateria em 3% e perdas por desajuste de 1%, tem-se que a potência mínima necessária será:

$$P_n = \frac{P}{P_e} = \frac{792,96}{(1-0,015)(1-0,02)(1-0,01)} = 838,31 \text{ W} \quad (4)$$

Em que:

P_n é a potência necessária do sistema;

P_e é a perda de energia no sistema (cabeamento, Conversão e desajuste).

Foram adquiridas seis placas de 140 watts para suprir a potência necessária considerando as perdas. O painel solar adquirido foi de tecnologia policristalino de 140 W, foi uma boa alternativa encontrada para a residência, cada placa tem valor de mercado em torno de R\$ 452,00 por unidade.

3.4 Dimensionamento do inversor

Para o inversor será considerado a soma das potência das cargas CA do sistema Off-Grid, que possui valor de 4,5 kW (ver tabela 03), no entanto, o sistema dificilmente vai ficar com plena carga, portanto levando em consideração a potência média do sistema mais 20%, resulta em um valor de 494,4 W. O inversor de 3,5 kW do fabricante Reliable Eletronic é necessário para atender o sistema autônomo de acordo com o funcionamento dos equipamento da residência.

3.5 Tarifa cobrada pela concessionária de energia elétrica

A ENEL cobra o valor de 0,7409 por kWh na cidade de Fortaleza-CE (sem considerar os encargos), assim podemos calcular o valor médio da conta do nosso protótipo residencial:

$$V_{\text{médio}} = T_a \times C_p = 0,7409 \times 128,46 = \text{R\$ } 95,18 \quad (5)$$

Em que:

$V_{\text{médio}}$ é o valor médio da conta do protótipo em R\$

T_a é o valor da tarifa da localidade

C_p é o valor do consumo do protótipo

3.6 Implementação do projeto

3.6.1 Orçamento

O custo do projeto proposto saiu por um valor de R\$ 6.969,80 conforme orçamento da tabela 02. O valor mais elevado unitário foi do inversor, custando a quantia de R\$ 1.567,00 seguidos pelas baterias e módulos.

Quantidade	Descrição dos Equipamentos	Valor unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Empresa
06 unidades	Módulos Fotovoltaicos de 140 W	452,00	2.712,00	Solar
01 unidade	Inversor central com potência de 3,5 kW	1.567,00	1.567,00	Reliable Electric Power Store
03 unidades	Baterias estacionárias	600,00	1.800,00	Medeiros Comercial
02 unidades	Controlador de carga	32,00	64,00	Solar
140 metros	Cabo fotovoltaico com espessura de 4 mm	217,00	280,00	Apiguana
2 unidades	Estrutura de alumínio para fixação em telhados (6 m)	60,00	120,00	Aluminense
30 unidades	Parafusos para fixação da estrutura metálica	1,36	40,80	Apiguana
01 unidade	Eletroduto rígido (6 m)	30,00	30,00	Apiguana
TOTAL R\$:		6.613,80		

Tabela 02 – Orçamento do projeto off-grid do projeto proposto

Fonte: Próprio Autor (2017).

Foi feita uma cotação para um sistema on-grid utilizando como referência os

mesmos fabricantes no projeto proposto. Foi retirado do orçamento as baterias e alterado o inversor de sistema off-grid para um inversor de sistema on-grid com selo de qualidade exigido pela concessionária de energia elétrica, conforme a tabela 03.

Quantidade	Descrição dos Equipamentos	Valor unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Empresa
06 unidades	Módulos Fotovoltaicos de 140 W	452,00	2.712,00	Solar
01 unidade	Inversor central com potência de 3,5 kW (com selo de qualidade)	6.600,00	6.600,00	Reliable Electric Power Store
02 unidades	Controlador de carga	32,00	64,00	Solar
140 metros	Cabo fotovoltaico com espessura de 4 mm	217,00	280,00	Apiguana
2 unidades	Estrutura de alumínio para fixação em telhados (6 m)	60,00	120,00	Aluminense
30 unidades	Parafusos para fixação da estrutura metálica	1,36	40,80	Apiguana
01 unidade	Eletroduto rígido (6 m)	30,00	30,00	Apiguana
TOTAL R\$:			9.846,80	

Tabela 03 – Orçamento para um sistema On-Grid

Fonte: Autoria própria (2017).

Foi comparado também por meio de artigos e orçamentos de empresas especializadas o custo do projeto proposto no presente trabalho. Os orçamentos encontrados se concentraram em analisar custos de aquisição e instalação do sistema fotovoltaico em território brasileiro, já o proposto neste trabalho apenas o inversor foi adquirido fora do Brasil. Os orçamentos analisados referem-se aos custos de instalação de sistemas off-grid e on-grid, conforme mostram as tabelas 04 e 05.

Empresa	Custo do sistema – R\$
A	13.400,00
B	19.990,00
C	19.590,00
Média	17.660,00

Tabela 04 - Custo do sistema Fotovoltaico On-grid

Fonte: Boso et. al. (2015).

Empresa	Custo do sistema – R\$
A	29.905,00
B	26.261,00
Média	28.083,00

Tabela 05 - Custo do sistema Fotovoltaico Residencial Off-grid

Fonte: Boso et. al. (2015).

3.6.2 Diagrama de ligação

A figura 01 mostra o diagrama de ligação do sistema off-grid, com dois conjuntos de painéis ligados em paralelo com 12 Vcc, contendo 6 painéis de 140 W de tecnologia policristalino, 3 baterias de 170 Ah, 2 controladores de carga de 40 A e um inversor de 3,5 kW de potência.

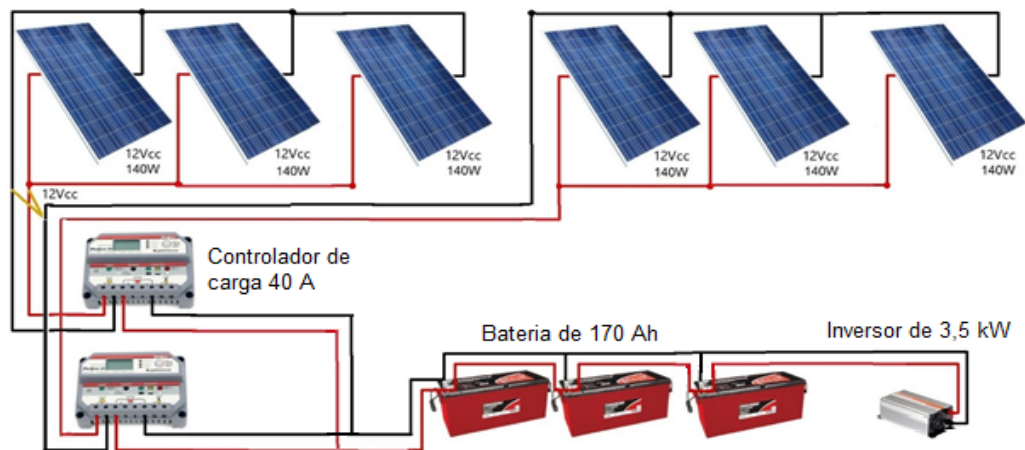


Figura 01 - Diagrama de ligação dos painéis fotovoltaicos em paralelo 12 Vcc

Fonte: Autoria própria (2017).

3.6.3 Localização

Os painéis ficaram a uma altura de 14 metros do solo, localizado na coordenada $3^{\circ}42'18.2''S$ $38^{\circ}35'05.3''W$, virado para a direção oeste, conforme figura 02. O ideal seria que os painéis ficassem para direção norte. O local possui boa ventilação natural, ajudando no resfriamento do painel, assim melhorando a eficiência dos módulos.



Figura 02 - Vista superior do telhado da residência

Fonte: Google maps/Próprio Autor (2017).

3.6.4 Detalhes da estrutura

A figura 03 mostra o quadro de distribuição da residência e as divisões dos circuitos do sistema off-grid e a rede da distribuidora de energia elétrica. Na parte superior ficou os circuitos correspondentes ao sistema autônomo divididos na seguinte forma: Térreo tomadas, térreo iluminação, L2 iluminação, L2 tomadas, L1 iluminação e L1 bomba de água, Todos os disjuntores dos circuitos de 16 A e o geral de 25 A.

Já no barramento da concessionária ficou ligado o circuito de tomadas do piso L1 com os seguintes aparelhos conectados: Ar condicionado, secador de cabelo, prancha e banheira.

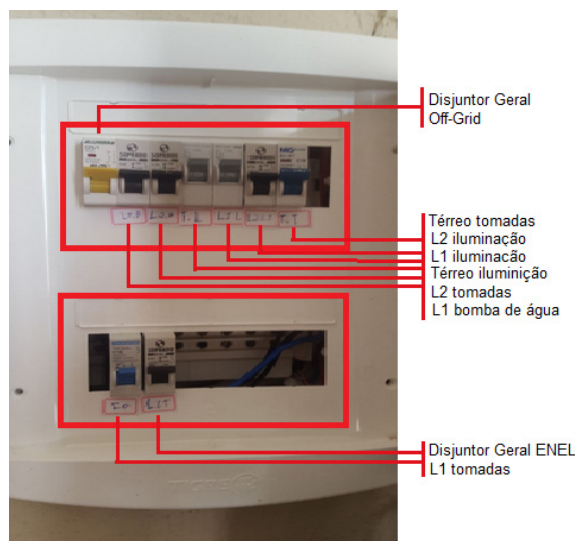


Figura 03 - Quadro de distribuição dos circuitos

Fonte: Próprio Autor (2017).

Foi feita uma adaptação na altura do suporte dos painéis para fixação no telhado para melhor aproveitamento da ventilação natural do local. A figura 04 mostra a adaptação feita no suporte dos painéis que ficou a uma altura de 10 cm do telhado.



Figura 04 - Adaptação da altura do suporte do painel para fixação no telhado

Fonte: Próprio Autor (2017).

3.6.5 Sistema implementado

O sistema foi implementado com sucesso conforme a figura 05. Algumas cargas do sistema off-grid foram ligadas e o sistema de comportou normalmente conforme previsto no projeto. O inversor suporta uma corrente de 16 A na saída CA e uma tensão de 220 Vca e uma corrente contínua de 291 A com entrada 12 Vcc, atendendo bem as especificações projetadas.



Figura 05 - Painéis fixados no telhado

Fonte: Próprio Autor (2017).

Para realizar o teste no sistema foram ligadas algumas das cargas do sistema autônomo para medição da corrente CA com o alicate amperímetro, o valor máximo registrado foi de 3,2 A, conforme mostra a figura 06 abaixo.



Figura 06 - Medição da corrente da saída CA do sistema

Fonte: Próprio Autor (2017).

Com as baterias carregadas o display do inversor registrou uma tensão de entrada de 14 Vcc e uma tensão de saída de 223 Vca, conforme a figura 07.



Figura 07 - Display do inversor

Fonte: Próprio Autor (2017).

Ao observar, ainda na tabela 06, apenas a economia acumulada durante um período de 6 anos (R\$ 1.142,16 x 6), é possível identificar um valor total de R\$ 6.852,96, ou seja, já é R\$ 239,16 superior ao custo total da instalação do sistema de geração solar. Portanto, a partir de, aproximadamente, 5,8 anos o sistema já estará totalmente pago e gerando uma economia anual de R\$ 1.142,16.

Anos	Investimento	Economia Fatura Energia Elétrica	Fluxo de Caixa	Payback descontado
0	-R\$ 6.613,80		-R\$ 6.613,80	-R\$ 6.613,80
1		R\$ 1.142,16	R\$ 1.142,16	-R\$ 5.471,64
2		R\$ 1.142,16	R\$ 1.142,16	-R\$ 4.329,48
3		R\$ 1.142,16	R\$ 1.142,16	-R\$ 3.187,32
4		R\$ 1.142,16	R\$ 1.142,16	-R\$ 2.045,16
5		R\$ 1.142,16	R\$ 1.142,16	-R\$ 903,00
6		R\$ 1.142,16	R\$ 1.142,16	R\$ 239,16

Tabela 06 - Fluxo de caixa projetado

Fonte: Próprio Autor (2017).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho mostrou-se a viabilidade econômica da instalação de painéis de captação de energia solar para abastecimento residencial no município de Fortaleza, visto que, o tempo de retorno financeiro que o sistema fotovoltaico off-grid teria é de 6 anos, ou seja, a partir deste tempo o investimento inicial do projeto proposto seria completamente quitado. A energia solar demonstrou-se eficiente e de utilização compatível com o clima da cidade. A “Morada do Sol” possui alta incidência de irradiação solar e nebulosidade, geralmente, pequena o que aumenta a produtividade energética e garante que se tenha produção satisfatória de energia de origem solar

durante a maior parte do ano.

Foi realizada uma simulação caso o sistema fosse on-grid e o resultado foi uma cotação mais cara e com um payback de 9 anos, devido principalmente o custo elevado do inversor homologado, exigido pela distribuidora para integração a sua rede elétrica. Também foi feito uma busca em artigos e empresas especializadas e o menor custo encontrado foi da empresa A de R\$ 13.400,00 e da empresa B de 26.261,00 para o sistema on-grid e off-grid respectivamente.

Portanto, o estudo de caso evidenciou que, com correto dimensionamento, o Sistema Fotovoltaico implementado gera uma economia de 128,46 kWh no consumo de energia elétrica por mês, conforme mostrado na tabela 03, que representará uma economia de aproximada de R\$ 95,18/mês (noventa e cinco reais e dezoito centavos), conforme foi mostrado na equação 6, representando um valor de R\$ 1.142,16 (Um mil, cento e quarenta e dois reais e dezesseis centavos) por ano, podendo variar dependendo das tarifas contratadas com a concessionária local (ENEL) para fornecimento de energia. Vale salientar que este trabalho utiliza apenas dados de irradiação média tirados de outros trabalhos e de consulta no site da Funceme.

5 | SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros, dando margem para estudos de outras tecnologias de captação da energia do sol, como a termoconvenção, que para zonas quentes e de clima semiárido, como no caso da zona urbana de Fortaleza, também mostram-se como alternativa para produção de energia, podendo ser implementadas principalmente em períodos longos de estiagem nas regiões das hidroelétricas, diminuindo maiores gastos com energia e contribuindo para evitar crises energéticas locais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E.; LANA, L. T. C.; DIAS, F. C. L. S.; ROSA, A. C.; SANTO, O. C. E.; SACRAMENTO, T. C. B.; BRAZ, K. T. M. Energia Solar Fotovoltaica: Revisão Bibliográfica. **Engenharia Online**. v. 1, n. 2, 2015.

BOSO, A. N. M. R.; GABRIEL, C. P. C.; FILHO, L. R. A. G.; Análise de Custos sistemas Fotovoltaicos On-Grid e Off-Grid no Brasil. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 8, n. 12, 2015, p. 57-66.

CUORE, Raul Enrique. **Fontes de energia renováveis e seus principais benefícios para a humanidade**. 2009. Disponível em: <<https://www.webartigos.com/artigos/fontes-de-energia-renovaveis-e-seus-principais-beneficios-para-a-humanidade/21159>>. Acesso em: 03 set. 2017.

GALDINO, Marco A. E. et al. O Contexto das Energias Renováveis no Brasil. **Revista da Direng**, 2002. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Direng.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2017.

MARKVART, Tom; CASTAÑER, Luis. **Practical Handbook Off Photovoltaics: Fundamentals and**

Applications. Londres: Elsevier, 2003.

PACHECO, F. **Energias Renováveis: breves Conceitos**. Conjuntura e Planejamento, Salvador: SEI, n.149, Out. 2006.

PALZ, Wolfgang. **Energia Solar e Fontes Alternativas**. São Paulo: Hemus, 2002.

ROCHA FILHO, J. I. C. **Sistema de seguimento solar de um eixo com diferentes estratégias de seguimento para módulos fotovoltaicos**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará. 113F, 2016.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-244-9

