

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	
Raphaela 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

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

Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Elétrica
Fortaleza - CE

RESUMO: Com os elevados custos de energia elétrica nos grandes empreendimentos como shoppings, os empreendedores procuram uma redução nos custos energéticos. Devido aos preços cada vez mais acessíveis e aos incentivos e leis do governo, a implantação de micro e minigeração de energia elétrica, através das plantas fotovoltaicas (FV), tem atingido hoje objetivos ambientais e financeiros favoráveis. A presente pesquisa tem a finalidade de dimensionar e analisar a viabilidade da implementação de planta FV em um shopping de Fortaleza, Ceará. Após os conceitos teóricos, a área disponível para implementação do projeto FV é determinada e um estudo de sombreamento é realizado, com o programa SketchUP, para definição da área útil para o projeto; foi adotado que 90% dessa área seria utilizada, considerando um espaçamento entre os módulos FV, resultando em 3.188,11 m². Com base na área útil e os dados da demanda contratada do shopping, de valor igual a 5500 kW, é desenvolvido o dimensionamento do projeto. Por fim uma comparação entre quatro

tipos de placas FV é proposta e é desenvolvida uma análise financeira, com auxílio do programa RETScreen4. É apresentado o tempo de retorno do investimento para cada alternativa, concluindo-se assim pela viabilidade do projeto. Das 4 alternativas estudadas, a placa CdTe foi a que apresentou pior *payback*, com 8,8 anos, e menor VPL, de R\$ 2.214.785; a placa p-Si foi a que apresentou melhor *payback*, 7 anos, porém, a placa m-Si apresentou maior VPL, de R\$ 6.809.107, se tornando assim a melhor alternativa.

PALAVRAS-CHAVE: Geração fotovoltaica, Análise financeira, Dimensionamento fotovoltaico.

ABSTRACT: With the high electricity costs in large enterprises such as shoppings, entrepreneurs seek a reduction in energy costs. Due to increasingly affordable prices, incentives and government laws; the implantation of micro and mini electricity generation using photovoltaic (PV) plants has achieved favorable environmental and financial objectives. The present research has the purpose of dimensioning and analyzing the feasibility of the implementation of a PV plant in a shopping in Fortaleza, Ceará. After the theoretical concepts, the available area for implementation of the PV project is determined and a shading study is carried out with the SketchUP program, in order

to have a useful area for the project; it was considered the use of 90% of this area, considering a space between the PV modules, resulting in 3188.11 m². Based on the usable area and the shopping contracted demand data, equal to 5500 kW, the project design is developed. Finally, a comparison between four types of PV panels is proposed and a financial analysis is carried out with the help of the RETScreen4 program. The time of return of the investment is presented for each alternative, thus concluding the viability of the project. Of the 4 studied alternatives, the CdTe panel presented the worst payback, with 8.8 years, and lowest NPV, of R \$ 2,214,785; the p-Si panel presented the best payback, 7 years, however, the m-Si plate presented the highest NPV of R \$ 6,809,107, thus becoming the best alternative.

KEYWORDS: Photovoltaic Generation, Financial analysis, Photovoltaic Sizing.

1 | INTRODUÇÃO

A matriz energética brasileira é composta em sua maior parte por hidrelétricas, a qual em 2016 representou 68,1% da oferta interna de energia. Porém, a forte dependência do país a este tipo de fonte tem demonstrado suas consequências nos últimos anos. O longo período de estiagem sobre importantes bacias hidrográficas do país, tem trazido o racionamento energético e o aumento da tarifa de energia elétrica.

A energia solar, é uma das mais promissoras alternativas energéticas do futuro, por ser inesgotável na escala terrestre de tempo. O Brasil possui altos índices de irradiação solar, entre 1.200 e 2.400 kWh/m²/ano, segundo AHK ([201-]), a área com a menor irradiação solar no sul do Brasil, se encontra até 20% mais irradiada do que a área mais irradiada da Alemanha, um dos maiores produtores de energia solar.

O alto consumo de energia elétrica em shopping centers (muitas vezes, 45% dos gastos destas empresas) aliado a grandes áreas inutilizadas, como os terraços e cobertura de estacionamentos, faz da geração solar fotovoltaica (FV) ser uma boa opção para utilização em empreendimentos desse tipo.

O shopping em estudo, situado em Fortaleza, CE, possui uma grande área exposta ao sol, a qual soma mais de 5000m². A área disponível está presente no último piso (L3) e será descrita com mais detalhes adiante.

Dada a motivação do alto consumo de energia elétrica em shopping centers, da necessidade de diversificação da matriz energética do país e dos altos índices de irradiação solar no Brasil, a presente pesquisa tem o objetivo de propor a implementação de um projeto básico de um sistema FV integrado em um shopping center de Fortaleza - CE.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Energia solar fotovoltaica

O Sol é um recurso inesgotável de energia, levando em consideração a escala de tempo de vida no planeta Terra. Segundo Pereira et al. (2017, p. 15), “a taxa de energia emitida pelo Sol é aproximadamente constante há bilhões de anos com uma potência atual da ordem de $3,86 \cdot 10^{26}$ W.”

A conversão direta da energia solar em energia elétrica, resulta dos efeitos da irradiação sobre determinados materiais semicondutores, através do efeito FV. O efeito FV, relatado por Edmond Becquerel, em 1939, “é o efeito em que os fótons da luz estimulam os elétrons a saltar para a camada de condução, que sob condições favoráveis irá originar uma tensão e corrente elétrica.” (Santiago, Rocha e Carvalho, 2016, p. 2).

O comportamento elétrico da célula solar pode ser descrito por meio de poucas grandezas, facilitando, dessa forma, a comparação de diferentes células entre si. Os principais parâmetros para caracterizar uma célula solar são lidos a partir da curva característica (Borges Neto e Carvalho, 2012):

- Corrente de curto-circuito (I_{sc}): Nesse caso, não há tensão externa na célula solar; a corrente é a maior possível;
- Tensão de circuito aberto (V_{oc}): Nesse caso, não há corrente externa que supere a diferença de potencial entre as regiões dopadas;
- Ponto de potência máxima (MPP): Ponto de operação no qual a potência entregue alcança o maior valor. A respectiva corrente e tensão nesse ponto são I_{MPP} e V_{MPP} ;
- Fator de forma (FF): Relação entre a potência no MPP e o produto da corrente de curto-circuito vezes a tensão de circuito aberto. Valores usuais para células solares ficam entre 70 e 80%;
- Rendimento (η): Relação entre a potência no MPP e a potência total da luz incidente. Células solares de Si normalmente encontradas no comércio alcançam rendimentos de 13 a 15%.

A energia solar possui baixa manutenção, longa vida útil, possibilidade de ser instalada praticamente em qualquer lugar e é uma energia limpa e silenciosa. Das desvantagens da energia solar pode citar-se o alto custo de aquisição, a dependência climática, o fato de não produzir energia durante a noite e as formas de armazenamento da energia solar serem pouco eficientes quando comparadas por exemplo com os combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás).

2.2 Funcionamento do sistema solar FV

Um sistema solar FV conectado à rede possui dois equipamentos principais e fundamentais: os painéis FV e o inversor. Além deles são necessários também os

dispositivos de proteção e de medição.

Os painéis FV convertem a energia solar em energia elétrica, em corrente contínua. Essa corrente é conduzida para o inversor, o qual converte a energia recebida em corrente contínua para corrente alternada, para ser usada em casa ou para ser injetada na rede. Para exportar a eletricidade gerada para a rede (GD), é necessário um medidor bidirecional, que mede a energia gerada e a energia consumida, possibilitando assim contabilizar os créditos de energia ao final do mês (Fotaic energia solar, 2016).

Quando o fornecimento de eletricidade do estabelecimento é feito em alta tensão, o sistema tem que conter ainda um transformador elevador para adequar o nível de tensão de saída do inversor e poder injetar a energia gerada na rede. O esquema do funcionamento do sistema FV, em baixa tensão, pode ser observado na figura 1.

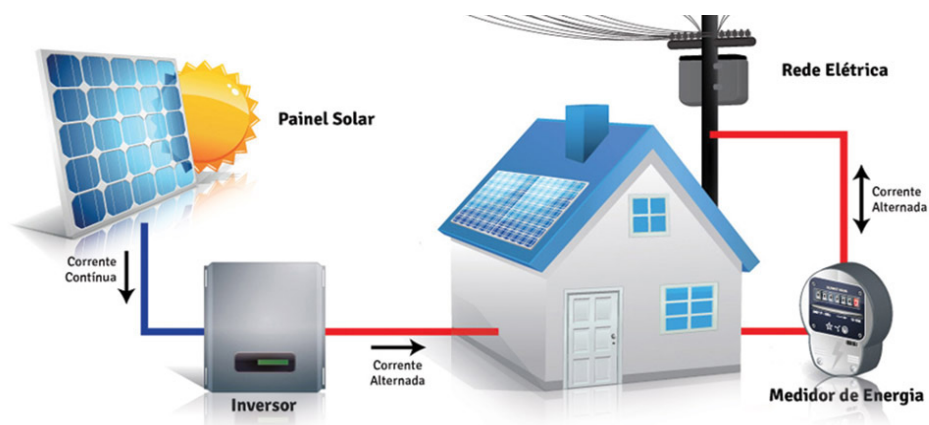


Figura 1 – Esquema sistema FV. Fonte: Espaço Luz energia fotovoltaica, [201-].

2.3 Tipos de painéis FV

As células FV são divididas em dois grupos: silício cristalino e filmes finos. O silício cristalino (c-Si) é a tecnologia mais tradicional (representa mais de 85% do mercado), é considerada uma tecnologia consolidada e confiável e possui a melhor eficiência comercialmente disponível. Faz uso de lâminas cristalinas, relativamente espessas, o que aumenta os custos de produção. Pode ser do tipo:

a) Silício monocristalino (m-Si):

É a tecnologia mais antiga e também uma das mais caras, porém possui alta eficiência (entre 14 e 21%) com relação a outras tecnologias. São produzidos através de um único cristal puro de silício, que é cortado em lâminas individuais. Possui cor uniforme, indicando silício de alta pureza, e cantos tipicamente arredondados. Quanto maior a pureza do silício, melhor será a conversão de luz solar em energia elétrica;

b) Silício policristalino (p-Si):

Apresenta menor eficiência de conversão (entre 13 e 16,5%) em comparação

com o monocristalino, porém com menor custo de produção. Possui processamento mais simples e menor perfeição cristalina. Os cristais de silício são fundidos em um bloco, preservando a formação de múltiplos cristais (daí o nome ser policristalino).

Os painéis FV de filmes finos tem uma modesta participação no mercado. Existem dificuldades associadas à disponibilidade dos materiais, vida útil e rendimento das células. Na sua produção, o material é colocado diretamente sobre uma superfície, como o vidro ou metal, por exemplo. O material pode ser:

c) Silício amorfo (a-Si):

Exige um gasto menor de silício, se tornando mais barato, porém, menos eficiente. Os módulos disponíveis no mercado estão na faixa de 8-9% de eficiência. Esta tecnologia não é afetada pela temperatura de operação. Uma outra vantagem é que este material pode ser utilizado como material de revestimento na edificação (Portal solar, [201-]).

d) Telureto de Cádmio (CdTe):

A eficiência opera normalmente na faixa de 9-11%. Os custos de produção são atrativamente baixos, porém, como são pouco utilizados no Brasil, possuem um custo mais elevado (Lei da oferta e da procura). A baixa abundância dos elementos envolvidos e sua toxicidade são aspectos que devem ser levados em conta (Santiago, Rocha e Carvalho, 2016).

e) Cobre, índio e gálio seleneto (CIS/CIGS):

Em comparação com as outras tecnologias de filme-fino acima, as células solares CIGS mostraram o maior potencial em termos de eficiência. Estas células solares contêm menos quantidades do cádmio (material tóxico que é encontrado em células solares de CdTe). Tem eficiência entre 10-12% e já existem alguns sendo vendidos no Brasil passando dos 13% (Portal solar, [201-]).

Detalhes como a tecnologia do módulo FV, sombreamento, inclinação do painel FV, orientação geográfica, irradiação e análise da fatura de energia elétrica do consumidor, são importantes pontos a serem levados em consideração em um projeto FV, como poderemos observar mais adiante.

2.4 Geração FV em shopping Centers

Os elevados custos com energia elétrica em empreendimentos como shopping centers representam grande preocupação aos empreendedores. Muitas vezes, a fatura de energia significa um dos maiores custos destas empresas, ficando atrás somente

da folha de pagamento, segundo estudo divulgado pela ABRASCE, a fatura pode chegar a 45% dos gastos (Abegás, 2013). Os shoppings brasileiro estão investindo cada vez mais em medidas de eficiência energética, a qual pode-se incluir a geração de energia solar.

Somado a esses elevados custos com energia elétrica, os shoppings contam com muitas áreas inutilizadas, como as coberturas dos estabelecimentos e dos estacionamentos, sendo boa oportunidade para a implantação de sistemas FV.

O primeiro shopping center do Brasil a produzir eletricidade a partir da geração FV foi o Shopping Plaza Casa Forte, localizado em Recife. Com um investimento de R\$ 300 mil, o shopping conta com 156 painéis instalados no estacionamento e potência instalada 38,22 kW. Existem ainda projetos em fase de execução para outros shopping centers no Brasil. Esses empreendimentos também poderão alugar telhados para geração FV, contudo, este tema ainda está em fase de estudo. Segundo Magnabosco (2015, página única), “[...] preocupado em viabilizar o aumento da oferta de energia no curto e médio prazos, o Ministério de Minas e Energia (MME) estuda a possibilidade de autorizar proprietários de indústrias e shopping centers, por exemplo, a alugarem seus telhados para empresas geradoras de energia. Nesses locais seriam instalados painéis fotovoltaicos, com capacidade de geração de energia a partir da incidência dos raios solares.”

3 | CARACTERIZAÇÃO DO SHOPPING CENTER

O shopping Center em estudo é um dos mais recentes shoppings de Fortaleza - CE, inaugurado em Outubro de 2016. Com uma Área Bruta Locável (ABL) de 54.865 m², nas quais apenas aproximadamente 54,5% em funcionamento e área construída de 159.396 m² com diversificado mix de lojas e equipamentos de lazer.

O shopping recebe alimentação em Alta Tensão (69 kV) da Enel (concessionária local). O empreendimento é consumidor Grupo A3, série B-2, tarifa horo-sazonal azul. Caracteriza-se por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia e a época do ano (período seco e período úmido). O horário de ponta na cidade de Fortaleza – CE é entre as 17:30 e 20:30. O período úmido entre dezembro e abril e o período seco entre maio e novembro.

O shopping center conta com uma grande área disponível no pavimento L3, a saber 5082m², exposta ao sol, sendo uma boa oportunidade para se utilizar a geração FV. A figura 2 mostra a planta baixa da cobertura do shopping, a área disponível está destacada em verde. A área em questão possui chão de laje impermeável e está a uma altura de 16,87m do solo.



Figura 2 – Planta baixa da cobertura do shopping com indicação da área disponível.

Além de ter essa área disponível, o shopping tem uma ótima localização geográfica, Fortaleza – CE, que se encontra próximo à linha do Equador. Encontra-se também em um bairro onde a predominância de residências são casas, não tendo portanto, prédios mais altos que a instalação para atrapalhar a geração FV, conforme figura 3.

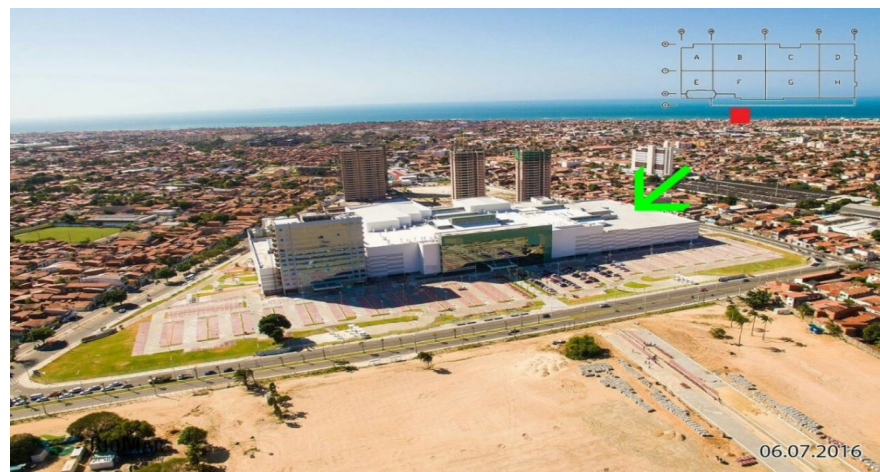


Figura 3 – Foto do shopping center com indicação de área disponível para geração FV.

De conhecimento da área disponível para o projeto, pode-se dar continuidade ao estudo do projeto.

4 | ESTUDO DO SOMBREAMENTO

Para instalar sistemas FV com potências elevadas, faz-se necessário associar módulos em série e em paralelo com o objetivo de obter valores de tensão e corrente apropriados para a aplicação que se deseja.

Possíveis sombreamentos de células FV podem ocasionar perdas na geração de energia elétrica, pois, como os módulos FV são associados em série, se uma ou mais célula recebe menos irradiação solar do que as células do mesmo conjunto, a corrente total vai ser limitada pela célula de menor corrente. Outro fator importante da decorrência do efeito do sombreamento é o risco de danos ao módulo, pois, “uma célula que estiver sombreada pode funcionar como carga para as demais células

ocasionando uma dissipação exagerada de potência sobre ela e, por consequência, provocando um aquecimento que pode causar danos à célula. Esse fenômeno é conhecido como *hot-spot heating* (pontos quentes).” (Rampinelli e Krenzingre, 2006, p. 2).

O gráfico 1 exibe o efeito do sombreamento em apenas uma das células de um dos 4 módulos em série em um sistema FV. Como a corrente no módulo sombreado foi reduzida, a corrente total do sistema é reduzida também.

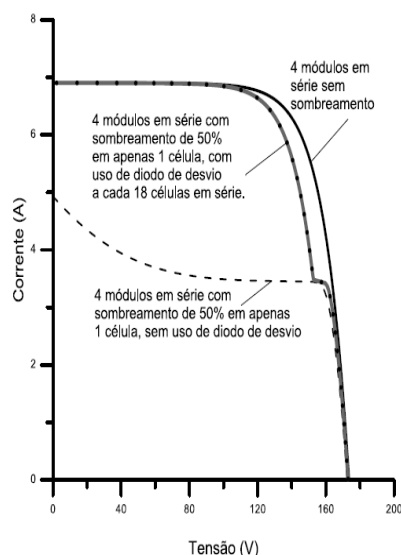


Gráfico 1 – Curva I-V para 4 módulos conectados em série.

Fonte: (PINHO; GALDINO, 2014).

Para evitar essa ocorrência, são utilizados diodos de desvio, chamados *bypass*, que auxiliam com um caminho paralelo a corrente, diminuindo as perdas por dissipação de potência no módulo sombreado. Nesse caso, a célula sombreada não gera energia elétrica, mas também não se comporta como carga para as demais células do módulo.

Quando a célula não estiver sombreada, o diodo *bypass* encontra-se reversamente polarizado, não permitindo que por ele circule corrente elétrica. No entanto, quando uma célula estiver sombreada, o mesmo encontra-se diretamente polarizado permitindo que por ele circule corrente. (RAMPINELLI; KRENZINGER, 2006).

4.1 Área útil para instalação dos módulos FV

O estudo do sombreamento do local é um elemento chave no projeto da instalação de módulos FV. Na presente pesquisa, a análise de sombreamento foi realizada com a ajuda do programa *SketchUP* que, com uma base de dados, trabalha em conjunto com um mapa da área via satélite.

Após a modelagem tridimensional do shopping e sua correta localização geográfica (através da ferramenta “*Geo-Location*” do *SketchUP*), foi feita a análise

de sombreamento através da simulação da trajetória solar em diferentes horários e meses do ano.

O primeiro estudo foi realizado para a projeção das sombras no solstício de inverno (21 de Junho) e de verão (21 de Dezembro), de 7:00h às 17:00h. Foram escolhidos os solstícios de inverno e verão pois é o momento em que o sol atinge o maior grau de afastamento angular da linha do Equador.

Através da análise da variação da trajetória do sol, optou-se por considerar como área sombreada, a região que é atingida pela sombra no período diário das 8:00h às 16:00h. É durante este horário que a intensidade da irradiação solar é mais elevada.

No segundo estudo foi possível delimitar a área atingida pela sombra, traçando-se uma linha contornando a sombra nos horários escolhidos (8:00h e 16:00h), no solstício de verão e de inverno (figura 4). Pode-se observar a área útil para a aplicação de módulos FV na figura 5.

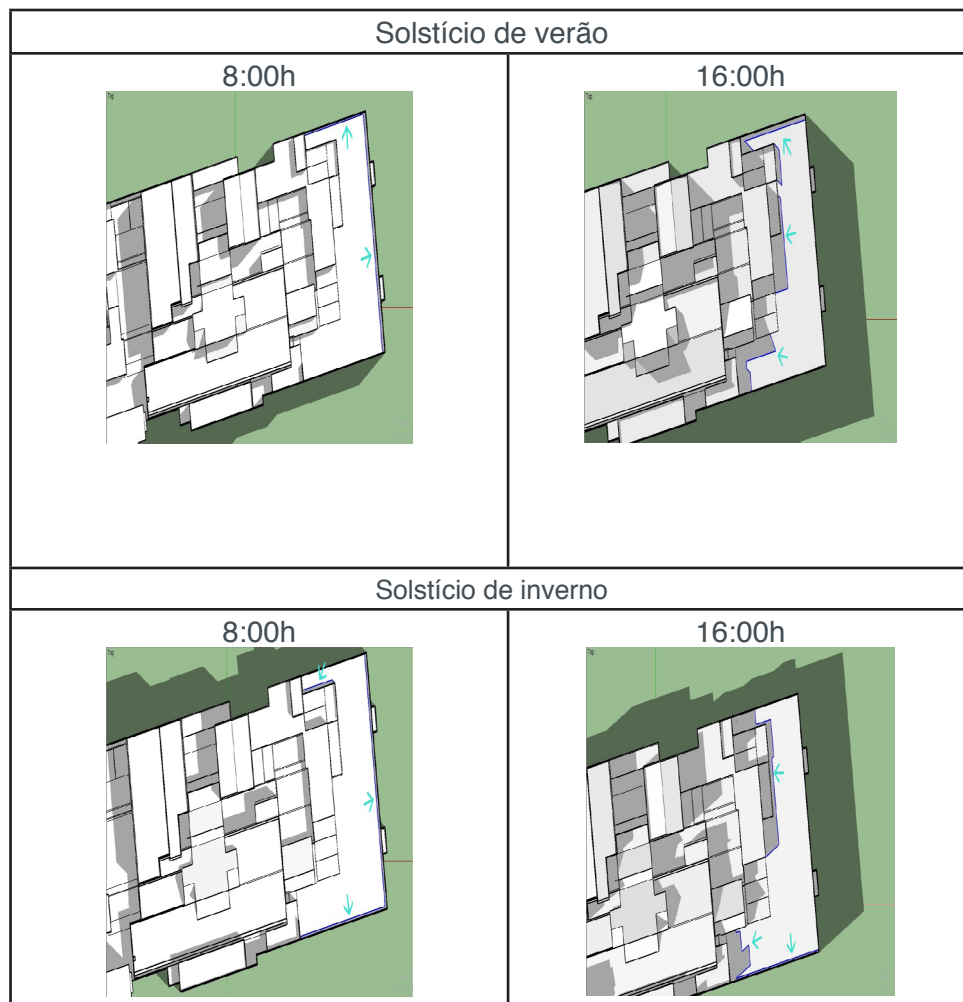


Figura 4 – Contornando o sombreamento para o shopping em estudo.

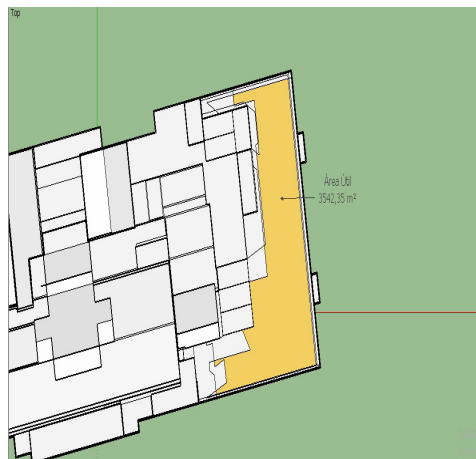


Figura 5 – Área útil para instalação dos painéis FV.

A área útil para a aplicação de células FV resulta então em 3542,35m², o que corresponde a 69,7% da área disponível, ou seja, boa parte da área disponível pode ser utilizada sem que o sombreamento atrapalhe a produção de energia elétrica, mais uma comprovação das boas condições do local para este tipo de investimento.

5 | DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

5.1 Análise da fatura de energia elétrica do consumidor

O consumo médio mensal e diário de energia elétrica foi determinado a partir das faturas de energia do meses de novembro de 2016 (inauguração do shopping) até outubro de 2017, conforme apresentado na tabela 1.

A média de consumo mensal neste período foi de 1.270.817 kWh, já a média de consumo diário foi de 42.361 kWh. A demanda contratada é de 3300 kW fora ponta e 2200 kW ponta.

Consumo (kWh)			
Mês	Hora ponta	Fora ponta	TOTAL
Nov/16	134.800	1.406.400	1.541.200
Dez/16	151.900	1.374.100	1.526.000
Jan/17	132.100	1.058.300	1.190.400
Fev/17	129.700	1.075.600	1.205.300
Mar/17	106.100	956.500	1.062.600
Abr/17	116.400	1.016.800	1.133.200
Mai/17	130.100	1.221.400	1.351.500
Jun/17	137.700	1.110.900	1.248.600
Jul/17	130.400	1.112.200	1.242.600
Ago/17	137.500	1.166.200	1.303.700
Set/17	121.300	1.040.900	1.162.200

Out/17	125.500	1.157.000	1.282.500
		Média mensal anual	1.270.817
		Média diária	42.361

Tabela 1 – Fatura de energia elétrica do consumidor.

Pode-se notar pela tabela 1 que os meses de maior consumo são novembro e dezembro, relacionados aos meses de inauguração do shopping e final de ano, em que o movimento no comércio é mais elevado; vale salientar também que o mesmo adotou alternativas para diminuir o consumo de energia elétrica a partir do mês de dezembro. Além desses meses, maio e agosto tiveram consumo acima da média mensal.

5.2 Irradiação solar

Os dados de irradiação solar foram obtidos através do programa *RETScreen4*, o qual será utilizado para os cálculos de tempo de retorno do investimento, no capítulo 6. O *Software RETScreen4* é um programa para análise de viabilidade de projetos de energia limpa, baseado em Excel, que determina a viabilidade técnica e financeira de projetos de eficiência energética, energias renováveis e cogeração.

A irradiação solar diária horizontal e irradiação solar diária inclinada de 12 meses e a irradiação diária média anual são demonstradas na tabela 2. A média anual de irradiação solar diária horizontal para cidade de Fortaleza é de 5,56kWh/m²/dia e inclinada é de 5,46 kWh/m²/dia.

Mês	Irradiação solar diária – horizontal kWh/m ² /d	Irradiação solar diária – inclinada kWh/m ² /d
Janeiro	5,33	5,52
Fevereiro	5,14	5,21
Março	4,67	4,62
Abril	4,53	4,36
Mai	5,03	4,68
Junho	5,00	4,57
Julho	5,69	5,19
Agosto	6,19	5,81
Setembro	6,25	6,09
Outubro	6,47	6,53
Novembro	6,36	6,59
Dezembro	6,06	6,35
Anual	5,56	5,46

Tabela 2 – Dados de irradiação solar em Fortaleza – CE.

Pode-se observar que a menor irradiação solar diária são entre os meses de março a junho, considerados os meses chuvosos na cidade de Fortaleza – CE, prevalecendo uma elevada irradiação o resto do ano.

5.3 Orientação geográfica e inclinação dos painéis FV

Para maximizar a captação e a geração de energia elétrica ao longo do ano, é importante levar em consideração a orientação geográfica e a inclinação dos painéis FV.

A orientação ideal para os módulos FV, no hemisfério sul, é para o norte geográfico. Pode-se observar na figura 6 o norte geográfico no local em estudo.



Figura 6 – Correta orientação dos painéis no local em estudo.

Quanto a inclinação dos módulos FV, de acordo com Ribeiro (2015), deve ser levado em consideração a tabela 3.

Latitude Local	Ângulo de Inclinação Recomendado
0° a 10°	$\varphi = 10^\circ$
11° a 20°	$\varphi = \text{latitude}$
21° a 30°	$\varphi = \text{latitude} + 5$
31° a 40°	$\varphi = \text{latitude} + 10$
41° ou mais	$\varphi = \text{latitude} + 15$

Tabela 3 – Ângulo de inclinação recomendado para os módulos FV.

A latitude de Fortaleza é de 3° sul, portanto, a inclinação adotada deve ser 10°, para favorecer uma autolimpeza dos módulos devido ao acúmulo de partículas que podem atrapalhar o funcionamento do painel.

5.4 Painéis fotovoltaicos

A escolha da placa FV envolve fatores como eficiência, área ocupada, potência nominal e preço. Para efeito de comparação, foram escolhidas 4 painéis de tecnologias

diferentes: 2 de fi1 me fino e 2 de Silício (Si) cristalino. Os painéis de filmes finos escolhidas utilizam tecnologia Si Amorfo (a-Si) e Telureto de Cádmiio (CdTe); os painéis de Si cristalino escolhidas usam Si Monocristalino (m-Si) e Si policristalino (p-Si) de diferentes potências e eficiências.

A quantidade de placas a serem adotadas foi calculada através da fórmula 1.

$$Qntd\ placas = \frac{\text{área útil disponível} \times Fa}{\text{área do módulo FV}} \quad (1)$$

Em que a área útil disponível foi de 3542,35 m², encontrada no tópico 4.1; Fa é o fator de área, de 0,9, adotado para se obter um espaçamento entre os módulos necessário para futuras manutenções preventivas e corretivas do sistema e a área do módulo FV é a área de cada módulo a ser utilizado. Os painéis escolhidos e suas características podem ser observados na tabela 4.

Alternativa	Tecnologia	Fabricante	Potência (W)	Área do painel FV (m ²)	Eficiência	Potência instalada (kW)	Quantidade de placas
1	a-Si	Q-Cells	145	1,78	8,16%	259,69	1791
2	CdTe	BP Solar	80	1,21	8,60%	210,72	2634
3	m-Si	Sunpower	320	1,62	19,62%	629,44	1967
4	p-Si	Kyocera	215	1,49	14,48%	459,88	2139

Tabela 4 – Painéis FV escolhidos para efeito comparativo

Em princípio, a eficiência não deve nortear a escolha do módulo a não ser que a área disponível para instalação seja um fator restritivo, o que não é o caso, pois o shopping dispõe de uma boa área disponível. Devem ser levados em consideração não só a eficiência mas também o custo e a durabilidade da placa.

5.5 Estimativa de custos

Para a determinação dos custos envolvidos no estudo de implementação da planta FV, considerou-se a tabela do Histórico de Preços de Sistemas fotovoltaicos – Preços consumidos – Geração Distribuída – Brasil (Greener, 2017). Essa tabela foi elaborada pela empresa Greener, a qual realizou uma pesquisa de mercado entrevistando 454 empresas no período de 31 de maio a 23 de junho de 2017, com amostragem de empresas de todo o país.

Como a tecnologia de painéis FV mais utilizada no Brasil é a de Silício Policristalino, considerou-se que os valores da pesquisa realizada pela Greener seriam referentes a esta tecnologia. Os valores dessa tabela, levam em consideração o sistema FV como um todo, desde o projeto de implantação, módulos e inversores utilizados até a instalação dos mesmos. A composição do preço com relação aos componentes necessários nas instalações FV podem ser observados no gráfico 2.

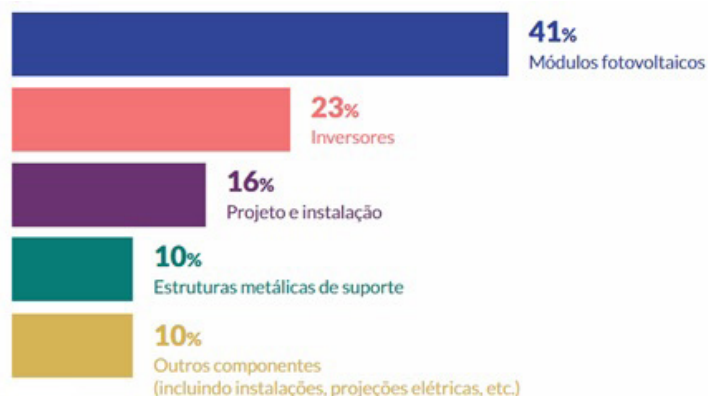


Gráfico 2 – Composição do custo total da instalação de um sistema FV.

Fonte: IDEAL, 2017.

Uma vez que a pesquisa realizada pela Greener acerca do preço do sistema FV só leva em consideração a tecnologia p-Si, foi necessário estimar os valores das outras tecnologias (a-Si, CdTe e m-Si). Essa estimativa foi feita a partir de uma média dos valores encontrados no mercado. Os valores médios por Wp encontrados foram:

- a-Si = R\$ 4,12/Wp;
- CdTe = R\$ 4,57/Wp.
- m-Si = R\$ 3,66/Wp;
- p-Si = R\$ 2,83/Wp;

Os valores mercadológicos dos diferentes tipos de painéis foram utilizados com a finalidade de estabelecer e fundamentar a relação de precificação entre os diferentes sistemas analisados. A partir disso, construí-se uma equivalência para cada tipo de placa com base nos valores unitários comerciais e os valores encontrados na pesquisa realizada pela Greener para Junho/2017. Obteve-se os valores finais por Wp para cada tipo de placa, como pode-se ver na tabela 5.

Alternativa	Tecnologia	Fabricante	Potência (W)	Eficiência	Quantidade de painéis	Potência nominal Sistema (kW)	Valor do Wp
1	a-Si	Q-Cells	145	8,16%	1791	259,69	R\$ 5,45
2	CdTe	BP Solar	80	8,60%	2634	210,72	R\$ 5,72
3	m-Si	Sunpower	320	19,62%	1967	629,44	R\$ 4,82
4	p-Si	Kyocera	215	14,48%	2139	459,88	R\$ 4,38

Tabela 5 – Resumo sistema para cada tipo de placa

6 | ANÁLISE FINANCEIRA E RESULTADOS

Para análise financeira da planta FV foi utilizado o programa *RETScreen4*. Foi adotada as tarifas da fatura de energia elétrica do consumidor no horário fora de ponta, que é o horário em que o sistema FV estará produzindo mais eletricidade. Foi considerado uma inflação de 6,29%, referente ao ano de 2016 (Cury, Boeckel e Cavallini, 2017). O tempo de vida útil dos painéis adotado foi de 25 anos, igual para todas as alternativas. A energia exportada para rede por cada sistema, pode ser observada na tabela 6.

Com os valores estimados, pôde-se fazer a análise financeira e estudo de viabilidade no programa *RETScreen4* com base no tempo de retorno (*payback*), Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) de cada investimento.

O resumo dos resultados obtidos podem ser observados na tabela 6, para melhor comparação.

Alternativa	Tecnologia	Potência instalada (kW)	Energia exportada para rede (MWh)	Investimento inicial (R\$)	Tempo de Retorno (anos)	VPL (R\$)	TIR
1	a-Si	288,55	480,79	1.486.033	7,7	3.356.873	12,30%
2	CdTe	234,16	377,33	1.271.255	8,4	2.529.302	11,10%
3	m-Si	699,52	1086,09	3.276.552	7,5	7.662.375	12,70%
4	p-Si	511,055	793,47	2.139.276	6,7	5.852.480	14,40%

Tabela 6 – Resultados obtidos

7 | CONCLUSÃO

A presente pesquisa tem como objetivo dimensionar e estudar a viabilidade financeira da implantação de uma usina FV integrada em um shopping center de Fortaleza, Ceará. Como primeira etapa, foi realizado um estudo de sombreamento no local, nos solstícios de inverno e verão, resultando em uma área útil de 3542,35 m², o que significa que 69,7% da área disponível pode ser utilizada para geração FV sem que o sombreamento atrapalhe. Para o dimensionamento foi considerado ainda uma margem de 10% de espaçamento entre os módulos FV para futuras manutenções preventivas e corretivas, resultando em uma área de 3.188,11 m² para instalação dos módulos. Adicionalmente, o shopping em estudo se encontra em um bairro que tem predominância de casas e a área para instalação dos módulos FV está a uma altura elevada do solo (cerca de 16 metros), sendo mais difícil ter obstáculos gerando sombras e atrapalhando na geração de eletricidade. Todos esses fatores comprovam as boas condições para implementação de geração FV no shopping em estudo.

O estudo de viabilidade financeira foi realizado com a ajuda do programa *RETScreen4*, que a partir do valor do Wp estimado de cada tecnologia de placa

analisada, gerou o gráfico do tempo de retorno (*payback*), o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR) para cada alternativa. As quatro alternativas estudadas apresentam VPL positivo, sugerindo que são viáveis e que possuem investimento justificável e atrativo. A pior alternativa foi a tecnologia CdTe, a qual possui maior *payback* (8 anos e 8 meses), menor VPL (R\$ 2.214.785), menor TIR (10,4%) e menor taxa de eletricidade exportada para rede (339,56 MWh). A placa p-Si foi a que apresentou melhor TIR (14,4%) e melhor *payback*, com 7 anos, porém a placa m-Si possui o maior VPL, de R\$ 6.809.107, se tornando assim a melhor alternativa. A placa m-Si possui ainda a maior taxa de eletricidade exportada para rede (977,28 MWh) e um bom tempo de retorno, 7 anos e 7 meses. A placa a-Si também possui um bom tempo de retorno próximo ao da placa m-Si, de 8 anos e 1 mês. Grande parte disso se deve também aos altos índices de irradiação na cidade de Fortaleza.

O projeto pode ainda ter um impacto positivo na demanda contratada do shopping, pois o horário em que ocorre a maior geração FV coincide com o horário em que ocorre o pico da demanda de energia elétrica do shopping, referente à grande parcela da carga de ar condicionado nos horários de maiores temperaturas.

Podem ser consideradas para futuros estudos outras áreas para aplicação de geração FV, como a área da cobertura do shopping e o estacionamento da área externa, aumentando assim a geração FV e aproveitando ainda mais as áreas disponíveis do shopping.

Assim, o objetivo do presente estudo foi alcançado, concluindo-se que a implementação de geração FV no shopping é viável para todas as tecnologias FV estudadas e que o shopping em estudo possui grande potencial para geração FV.

REFERÊNCIAS

Abegás, 2013. **Energia mais barata nos shopping centers**. Disponível em: <<http://www.abegas.org.br/Site/?p=16685>>. Acesso em: 11 novembro 2017.

AHK, [201-]. **Energia Solar**. Disponível em: <<http://ahkbusiness.de/pt/energias-renovaveis/perfil-do-setor-eletrico/energia-solar/>>. Acesso em: 14 novembro 2017.

M. R. Borges Neto; P. C. M. Carvalho: **Geração de Energia Elétrica - Fundamentos**; Editora Érica, 2012 (ISBN 978-85-365-0422-3)

Cury, A., Boeckel, C., Cavallini, M., 2017. **Inflação oficial fecha 2016 em 6,29%, diz IBGE**. G1. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/inflacao-oficial-fecha-2016-em-629-diz-ibge.ghtml>>. Acesso em: 15 novembro 2017.

Espaço luz energia fotovoltaica, [201-]. **Sistema on grid**. Disponível em: <<http://www.espacoluzfotovoltaica.com.br/sistema/>>. Acesso em: 09 novembro 2017.

Fotovoltaica energia solar, 2016. **Manual da energia solar**.

Greener, 2017. **Análise do mercado fotovoltaico de geração distribuída**.

Ideal, 2017. **O mercado brasileiro de geração distribuída fotovoltaica**.

Magnabosco, A., 2015. **Indústrias e shoppings poderão alugar telhados para gerar energia solar.** Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,industrias-e-shoppings-poderao-alugar-telhados-para-gerar-energia-solar,1650116>> acesso em: 11 novembro 2017

Pereira et al, 2017. **Atlas Brasileiro de energia solar.**

Pinho, J. T.; Galdino, M. A. **Manual de Engenharia para sistemas Fotovoltaicos.** Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES, CEPEL – CRESESB, edição revisada e atualizada, Rio de Janeiro, março 2014.

Portal solar, [s.d]. **Tipos de painel solar fotovoltaico.** Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 10 novembro 2017.

Rampinelli, G.A., Krenzinger, A., 2006. **Efeito do sombreamento em células de uma associação de módulos fotovoltaicos.**

Ribeiro, A., 2015. **Análise da Influência da Localização, Área e Forma de Sítios no Potencial de Geração de Energia Elétrica de Pequena Escala no Brasil: Um Método para as Fontes Solar e Eólica.** Dissertação de Doutorado, UFRJ, Rio de Janeiro.

Santiago, M. V., Rocha, D. A., Carvalho, G. L., 2016. **Estudo de caso do dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico no Campus João Pinheiro II do Centro Universitário UNA.**

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