

Energia Solar e Eólica

Paulo Jayme Pereira Abdala
(Organizador)

 **Atena**
Editora

Ano 2019

Paulo Jayme Pereira Abdala
(Organizador)

Energia Solar e Eólica

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 [recurso eletrônico] / Organizador Paulo Jayme Pereira Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Energia Solar e Eólica; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-066-7

DOI 10.22533/at.ed.667192201

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
UMA REVISÃO SOBRE AS TECNOLOGIAS FOTOVOLTAICAS ATUAIS	
Alexandre José Bühler Ivan Jorge Gabe Fernando Hoefling dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.6671922011	
CAPÍTULO 2	26
VALIDAÇÃO DE MODELOS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA O SEMIÁRIDO BRASILEIRO	
Bruna de Oliveira Busson Pedro Henrique Fonteles Dias Ivonne Montero Dupont Pedro Hassan Martins Campos Paulo Cesar Marques de Carvalho Edylla Andressa Queiroz Barroso	
DOI 10.22533/at.ed.6671922012	
CAPÍTULO 3	41
A GERAÇÃO SOLAR DE CALOR DE PROCESSOS INDUSTRIAIS NA PRODUÇÃO DE GESSO BETA DO POLO GESSEIRO DO ARARIPE	
André Vitor de Albuquerque Santos Kenia Carvalho Mendes	
DOI 10.22533/at.ed.6671922013	
CAPÍTULO 4	58
A UTILIZAÇÃO DO SILÍCIO NACIONAL PARA A FABRICAÇÃO DE PLACAS SOLARES: UMA REFLEXÃO DAS DIFICULDADES TECNOLÓGICA E FINANCEIRA	
Felipe Souza Davies Gustavo Luiz Frisso Matheus Vinícius Brandão	
DOI 10.22533/at.ed.6671922014	
CAPÍTULO 5	72
AEROPORTO DE VITÓRIA/ES: ESTUDO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	
Ana Luiza Guimarães Valory Sidney Schaeffer Warley Teixeira Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.6671922015	
CAPÍTULO 6	87
ANÁLISE ENERGÉTICA E EXERGÉTICA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DE SILÍCIO MONOCRISTALINO E POLICRISTALINO	
Suellen Caroline Silva Costa Janaína de Oliveira Castro Silva Cristiana Brasil Maia Antônia Sônia Alves Cardoso Diniz	
DOI 10.22533/at.ed.6671922016	

CAPÍTULO 7	1043
ANÁLISE HARMÔNICA NOS INVERSORES FOTOVOLTAICOS DE UMA MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA	
Alessandro Bogila Joel Rocha Pinto Thales Prini Franchi Thiago Prini Franchi	
DOI 10.22533/at.ed.6671922017	
CAPÍTULO 8	120
ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO NO MODELO DE UMA ÁRVORE NA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA	
Bárbara de Luca De Franciscis Gouveia	
DOI 10.22533/at.ed.6671922018	
CAPÍTULO 9	139
ANÁLISE FINANCEIRA DE SISTEMAS DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA FINANCIADOS EM PALMAS - TO	
Brunno Henrique Brito Maria Lúcia Feitosa Gomes de Melo	
DOI 10.22533/at.ed.6671922019	
CAPÍTULO 10	152
APLICAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO EM ESCOLAS MUNICIPAIS DA CIDADE DE CRUZ ALTA/RS: ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO E POTENCIAL DE ENERGIA GERADA	
Alessandra Haas Franciele Rohr Ísis Portolan dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.66719220110	
CAPÍTULO 11	165
APLICAÇÃO DO ALGORITMO DE RASTREAMENTO DO PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA (MPPT) EM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	
Augusto Hafemeister João Batista Dias Leonel Augusto Calliari Poltosi	
DOI 10.22533/at.ed.66719220111	
CAPÍTULO 12	181
AR CONDICIONADO SOLAR – CICLO DE ADSORÇÃO	
Rafael de Oliveira Barreto Pollyanne de Oliveira Carvalho Malaquias Matheus de Mendonça Herzog Luciana Carvalho Penha Lucio Cesar de Souza Mesquita Elizabeth Marques Duarte Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.66719220112	
CAPÍTULO 13	194
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO COLETOR SOLAR PLANO ACOPLADO EM SECADOR HÍBRIDO	
Raphaela Soares da Silva Camelo	

Ícaro da Silva Misquita
Thais Andrade de Paula Lovisi
Lizandra da Conceição Teixeira Gomes de Oliveira
Juliana Lobo Paes
Camila Lucas Guimarães

DOI 10.22533/at.ed.66719220113

CAPÍTULO 14 212

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE NOVO PROTÓTIPO DE FOTOBIORREATOR NÃO TRANSPARENTE PARA CULTIVO DE MICROALGAS COM ILUMINAÇÃO INTERNA ATRAVÉS DE POFS QUE RECEBEM A LUZ DE LENTES MONTADAS EM SISTEMA DE RASTREAMENTO SOLAR

Gisel Chenard Díaz
Yordanka Reyes Cruz
Rene Gonzalez Carliz
Fabio Toshio Dino
Maurílio Novais da Paixão
Donato A. Gomes Aranda
Marina Galindo Chenard

DOI 10.22533/at.ed.66719220114

CAPÍTULO 15 225

AVALIAÇÃO DE WEBSITES BRASILEIROS PARA SIMULAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE: PARÂMETROS DE ENTRADA E RESULTADOS

Marina Calcagnotto Mascarello
Letícia Jenisch Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.66719220115

CAPÍTULO 16 241

AVALIAÇÕES DE CUSTO E DESEMPENHO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS TIPO SIGFI COM DIFERENTES PERÍODOS DE AUTONOMIA

Marta Maria de Almeida Olivieri
Leonardo dos Santos Reis Vieira
Marco Antonio Galdino
Márcia da Rocha Ramos

DOI 10.22533/at.ed.66719220116

CAPÍTULO 17 257

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL EÓLICO CONSIDERANDO O EFEITO DA ESTEIRA AERODINÂMICA DE TURBINAS ATRAVÉS DO MODELO DO DISCO ATUADOR

Luiz Fernando Pezzi
Adriane Prisco Petry

DOI 10.22533/at.ed.66719220117

CAPÍTULO 18 272

COMPARAÇÃO DE RESULTADOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE DIFERENTES BASES DE DADOS DE IRRADIAÇÃO - ESTUDO DE CASO EM CURITIBA

Danilo Carvalho de Gouveia
Jeanne Moro
Muza Iwanow
Rebecca Avença
Jair Urbanetz Junior

DOI 10.22533/at.ed.66719220118

CAPÍTULO 19	284
DESENVOLVIMENTO DE SUPERFÍCIES SUPERHIDROFÓBICAS COM EFEITO AUTOLIMPANTE PARA APLICAÇÕES EM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	
Lucélio Oliveira Lemos	
Magnum Augusto Moraes Lopes de Jesus	
Aline Geice Vitor Silva	
Angela de Mello Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.66719220119	
CAPÍTULO 20	297
DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA	
Stéphane Rodrigues da Silva	
Érica Tiemi Anabuki	
Luis Cláudio Gambôa Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.66719220120	
CAPÍTULO 21	312
DO PETRÓLEO À ENERGIA FOTOVOLTAICA: A INSERÇÃO DO BRASIL NESTE NOVO MERCADO	
Emilia Ribeiro Gobbo	
Maria Antonia Tavares Fernandes da Silva	
Rosemarie Bröker Bone	
DOI 10.22533/at.ed.66719220121	
CAPÍTULO 22	330
EFEITO DO SOMBREAMENTO EM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	
José Rafael Cápua Proveti	
Daniel José Custódio Coura	
Carlos Roberto Coutinho	
Adriano Fazolo Nardoto	
DOI 10.22533/at.ed.66719220122	
CAPÍTULO 23	342
ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO ENERGÉTICA E DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRADO AO COMPLEXO AQUÁTICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA	
Helena Flávia Naspolini	
Gustavo Xavier de Andrade Pinto	
Julio Boing Neto	
Ricardo Rütther	
DOI 10.22533/at.ed.66719220123	
CAPÍTULO 24	354
ESTUDO DA SECAGEM INTERMITENTE DA MANGA UTILIZANDO SECADOR HÍBRIDO SOLAR-ELÉTRICO	
Camila Lucas Guimarães	
Juliana Lobo Paes	
Raphaela Soares da Silva Camelo	
Madelon Rodrigues Sá Braz	
Ícaro da Silva Misquita	
Lizandra da Conceição Teixeira Gomes de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.66719220124	

CAPÍTULO 25	367
ANÁLISE PRÉVIA DO VALOR DA DEPENDÊNCIA DO SOLO PARA AS ATIVIDADES AGRÍCOLAS COM A POSSÍVEL IMPLANTAÇÃO DO PARQUE EÓLICO DA SERRA, EM SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS	
Antonio Robson Oliveira da Rosa Leonardo Beroldt Rafael Haag	
DOI 10.22533/at.ed.66719220125	
CAPÍTULO 26	379
APLICAÇÃO DE UM DVR EM AEROGERADORES SCIG E DFIG PARA AUMENTO DE SUORTABILIDADE FRENTE A AFUNDAMENTOS DE TENSÃO	
Edmar Ferreira Cota Renato Amorim Torres Victor Flores Mendes	
DOI 10.22533/at.ed.66719220126	
CAPÍTULO 27	398
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL EÓLICO DE UMA REGIÃO COM TOPOGRAFIA COMPLEXA UTILIZANDO DINÂMICA DOS FLUIDOS COMPUTACIONAL	
William Corrêa Radünz Alexandre Vagtinski de Paula Adriane Prisco Petry	
DOI 10.22533/at.ed.66719220127	
CAPÍTULO 28	410
EDIFICAÇÃO DE ENERGIA POSITIVA: ANÁLISE DE GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO ESCRITÓRIO VERDE DA UTFPR EM CURITIBA	
Larissa Barbosa Krasnhak Elis Almeida Medeiros de Mello Jair Urbanetz Junior Eloy Casagrande Junior	
DOI 10.22533/at.ed.66719220128	
CAPÍTULO 29	422
ESTAÇÃO METEOROLÓGICA WIFI DE BAIXO CUSTO BASEADO EM THINGSPEAK	
Renan Tavares Figueiredo Odélsia Leonor Sanchez de Alsina Diego Lopes Coriolano Eurípes Lopes de Almeida Neto Ladjane Coelho dos Santos Iraí Tadeu Ferreira de Resende Ana Claudia de Melo Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.66719220129	
SOBRE O ORGANIZADOR	431

EDIFICAÇÃO DE ENERGIA POSITIVA: ANÁLISE DE GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO ESCRITÓRIO VERDE DA UTFPR EM CURITIBA

Larissa Barbosa Krasnhak

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil
Curitiba - Paraná

Elis Almeida Medeiros de Mello

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil
Curitiba - Paraná

Jair Urbanetz Junior

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Programa de Pós Graduação em Sistema de
Energia
Curitiba - Paraná

Eloy Casagrande Junior

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Programa de Pós Graduação em Tecnologia
Curitiba - Paraná

RESUMO: A crescente demanda de energia elétrica e a escassez de recursos exigem fontes de energia renováveis e equipamentos eficientes que reduzam o consumo de energia elétrica. O Escritório Verde (EV) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) é uma edificação sustentável que utiliza estratégias para reduzir os impactos ao meio ambiente. Uma das estratégias é a utilização do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFVCR) que foi instalado em 2011 e alimenta o EV e o excedente de energia, outra edificação

(Bloco V) pertencente à UTFPR. Dados de irradiação solar e energia gerada vêm sendo coletados e analisados. Este artigo apresenta uma comparação entre uma estimativa de consumo de energia e a geração de energia elétrica através do SFVCR. Por meio de medições de consumo realizadas, foi realizado um levantamento *in loco* dos equipamentos elétricos utilizados no EV, estimando horas de uso e a potência, de modo que o cenário de consumo médio estimado para o período de novembro/2016 a outubro/2017 foi de 123 kWh/mês. A geração de energia do EV para o mesmo período foi 209 kWh/mês, com isso o SFVCR produz mais energia do que consome mensalmente.

PALAVRAS-CHAVE: Energia solar fotovoltaica, consumo de energia, Escritório Verde.

ABSTRACT: The increasing demand for electricity and the scarcity of resources, require renewable energy sources and efficient equipment that reduce the consumption of electricity. The Green Office (GO) of the Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) is a sustainable building that uses strategies to reduce impacts to the environment. One of the strategies is the use of the grid connected photovoltaic system (on-gris) that was installed in 2011 and feeds the EV and the surplus energy, another building

(Block V) belonging to UTFPR. Solar radiation and generated energy data have been collected and analyzed. This article presents a comparison between an estimate of energy consumption and the generation of energy through the on-grid. By means of consumption measurements, an on - site survey of the electrical equipment used in the EV was carried out, estimating hours of use and power, so that the estimated average consumption scenario for the period November/2016 to October/2017 was of 123.39 kWh/month. EV power generation for the same period was 209 kWh / month, so on-grid produces more energy than it consumes on a monthly basis.

KEYWORDS: Photovoltaic solar energy, Energy consumption, Green Office.

1 | INTRODUÇÃO

Em um plano de implementação desenvolvido na Cúpula Mundial de Desenvolvimento Sustentável (*World Summit Sustainable Development*) no ano de 2012, em Johannesburgo, as Nações Unidas definiram alguns objetivos para mitigar os impactos socioambientais, sendo um deles, incentivar a produção energia economicamente viável, socialmente aceitável e vinda de fontes sustentáveis renováveis e limpas. Dentro desta linha, se encontram a energia solar, eólica, biomassa, geotérmica, hidráulica, entre outras fontes que contribuem na diversificação da matriz energética mundial, viabilizando as ações mencionadas (MARIANO, 2017).

Em 25 de setembro de 2015, a Organização das Nações Unidas estabeleceu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), formando a Agenda 2030. Dentre os objetivos apresentados está a energia acessível e limpa, foco que será discutido neste trabalho (AGENDA 2030, 2016).



Figura 1: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030.

Fonte: AGENDA 2030 (2016)

No Brasil, a matriz energética é predominantemente renovável e a fonte hidráulica representa 64% de toda energia gerada no país segundo o Balanço Energético Nacional 2016 (ANEEL, 2017a)

A energia solar fotovoltaica apresentou um crescimento muito significativo entre as fontes de energia consideradas renováveis, tanto no cenário mundial como no cenário brasileiro. No cenário brasileiro segundo a ANEEL (2017b) estão instaladas 13.233 unidades consumidoras de energia fotovoltaica do sistema de mini e micro geração

de energia, totalizando 106,2 MW de potência instalada no Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede elétrica (SFVCR) no Brasil, somente no Sistema de Compensação de Energia.

Contudo, dentre as fontes de energias citadas, a energia solar fotovoltaica é a mais abundante, inesgotável e limpa comparadas a outras fontes de energia renovável, tendo em vista que as hidrelétricas detêm de situações mais críticas nos períodos de estiagem, levando a um aumento da demanda (GARCIA *et al.*, 2007).

Nesse contexto, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) idealizou o Escritório Verde (EV), uma edificação sustentável que utiliza tecnologias inovadoras. O Escritório Verde está localizado em Curitiba e possui 150 m² distribuídos em 2 pavimentos. Na sua construção foram adotadas diversas estratégias de sustentabilidade, como: produção de energia solar fotovoltaica, sistema de coleta e uso de água de chuva, telhado verde, materiais reciclados, certificados e de baixo impacto ao meio ambiente, sistema construtivo em *wood frame*, entre outras. A Figura 2 ilustra a fachada do EV e a Figura 3 o interior do EV.



Figura 2: Escritório Verde

Fonte: Revista Green Building (2012)



Figura 3: Interior do Escritório Verde

Fonte: Bem Paraná (2012)

No Escritório Verde (EV) estão instalados dois modelos de sistema fotovoltaico, sendo um o conectado à rede e o outro isolado. O Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica (SFVCR) é baseado na interação da concessionária e o gerador fotovoltaico, havendo incidência solar sobre o painel fotovoltaico a energia é gerada e disponibilizada para a utilização. Quanto ao Sistema Isolado (SFVI), é composto por um banco de baterias que são alimentadas durante o período que o painel está gerando energia e no período de não há geração, as baterias alimentam cargas específicas. Utilizam-se estratégias de projeto para reduzir o consumo de energia da edificação com a iluminação natural e emprego de lâmpadas LED (Urbanetz Junior *et al*, 2014). Neste artigo foram comparados dados de geração de energia com um cenário de consumo de energia no EV, com uma abordagem qualitativa por meio de uma análise *in loco* dos equipamentos utilizados no EV, medição de consumo real e dados de geração do SFVCR coletados.

2 | CARACTERÍSTICAS DO SFVCR DO ESCRITÓRIO VERDE

O Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica está instalado na cobertura do Escritório Verde e é composto por 10 módulos fotovoltaicos ligados em série da marca KYOCERA, modelo KD210GX-LP (tecnologia de silício policristalino) ilustrado na Fig. 4, e um inversor monofásico em 220V de 2kW de potência nominal da marca PVPOWERED modelo PVP2000 ilustrado na Fig. 5, dispendo uma potência instalada de 2,1 kWp (Urbanetz Junior *et al*, 2014).



Figura 4 e 5: Painéis FV e inversor do Escritório Verde

Fonte: Os autores

A Figura 4 ilustra os dois painéis do EV, sendo o mais abaixo do SFVCR e o mais acima do SFVI. A área ocupada na cobertura da edificação onde o painel fotovoltaico do SFVCR está instalado é de 15 m².

3 | CENÁRIO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

O Escritório Verde possui um medidor de consumo exclusivo para a edificação, porém não era monitorado, então foi necessário criar um cenário de consumo para estimar a energia elétrica consumida no EV. Para isso, foi necessário um levantamento visual e fotográfico *in loco* de todos os equipamentos utilizados na edificação, como: sistema de iluminação artificial, equipamentos de refrigeração, computadores e equipamentos de mídia, entre outros. Primeiramente, seguiu-se a distribuição de ambientes conforme Figura 6 e Figura 7.

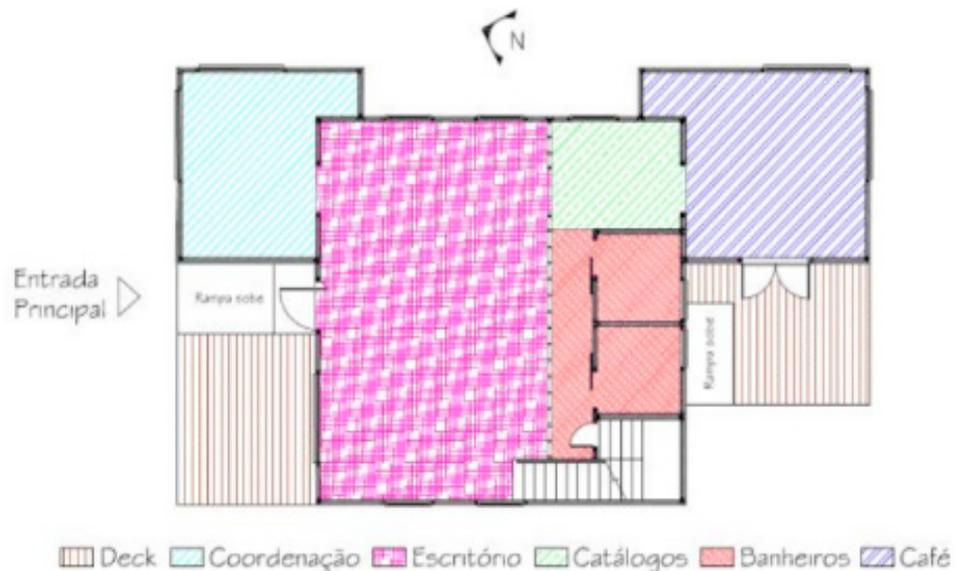


Figura 6: Planta de distribuição de ambientes EV pavimento térreo

Fonte: Lima (2013)

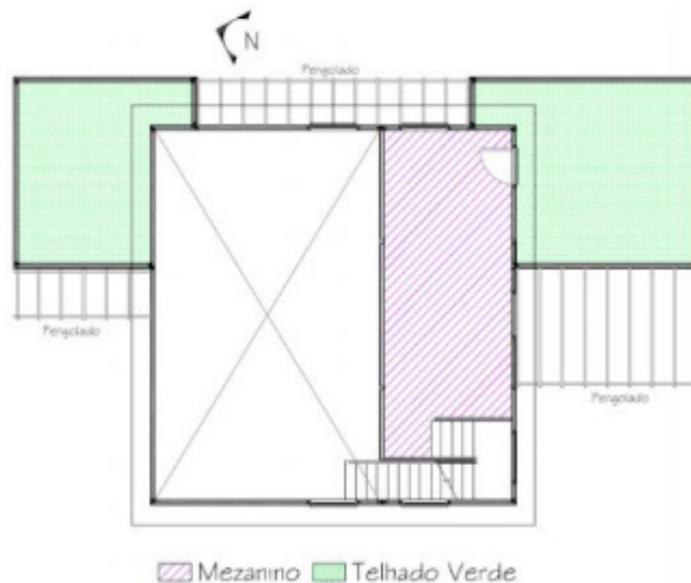


Figura 7: Planta de distribuição de ambientes EV mezanino

Fonte: Lima (2013)

Oliveira *et al.* (2013) identificaram e localizaram os equipamentos utilizados na iluminação artificial do EV, assim como levantaram as informações técnicas, que serviram para a criação deste cenário de consumo. Os demais dados de potência foram obtidos nas fichas técnicas dos equipamentos ou potências médias de equipamentos encontrados no mercado. Foram considerados equipamentos que possuem considerável consumo de energia e somente a parte de iluminação interna do Escritório. As Figuras 8 e 9 apresentam uma planta esquemática dos equipamentos do sistema de iluminação do EV e a Figura 10 a legenda dos equipamentos representados nas plantas.



Figura 8: Planta esquemática dos equipamentos de iluminação artificial do EV pavimento térreo
Fonte: Oliveira *et al* (2013)



Figura 9: Planta esquemática dos equipamentos de iluminação artificial do EV mezanino
Fonte: Oliveira *et al* (2013)

LEGENDA	
○	Pendente Direto / Indireto 33W LED Mod. PD44–P33LED4K
□	Embutido Quadrado 24W LED Mod. EF35–E24LED4K
■	Embutido Quadrado 12W LED Mod. ER16–E4MLED
▣	Embutido Quadrado 3W LED Mod. EF28–E3LED
▪	Embutido Quadrado 1W LED Mod. EF27–E1LED
○	Embutido de Solo p/ Lâmpada PAR20 LED (LEDMAX)
⬇	Arandela Externa 6W LED Mod. AR72–S6LED4K
■	Balizador 0,6W LED Mod. BZ17–E1LEDW

Figura 10: Legenda equipamentos de iluminação artificial

Fonte: Oliveira *et al* (2013)

O cenário de consumo teve como base seis medições realizadas no EV. Na realização da medição de consumo do mês de maio/2017, foi anotada a leitura do medidor de energia do início até o fim daquele mês e a diferença obtida entre os dois dados indicou o consumo do mês. O mesmo procedimento foi realizado para o mês de junho/2017, julho/2017, agosto/2017, outubro/2017 e novembro/2017. A Tabela 1 indica os dados retirados do medidor e o consumo mensal referente aos meses de coleta de dados.

DATA MEDIÇÃO	MEDIDOR CONSUMO EV	CONSUMO MENSAL
01/05/2017	4.076,93	155,73
01/06/2017	4.232,66	103,83
03/07/2017	4.336,49	117,16
01/08/2017	4.453,65	108,73
01/09/2017		108,73
02/10/2017	4.671,11	141,53
06/11/2017	4.812,64	
Medidas em kWh		

Tabela 1: Consumo mensal do EV

Fonte: Os autores

As informações coletadas no medidor são sempre no primeiro dia útil do mês. No mês de setembro/2017 não houve coleta de dados, então adotou-se o consumo de agosto e setembro iguais, sendo a média da diferença do registro do medidor de outubro e agosto. Por conta de um feriado no mês de novembro/2017 a data da medição foi um pouco depois da convencional. A média do consumo dos 6 meses de acompanhamento é 122,62 kWh, esse resultado foi utilizado como base para a criação do cenário de consumo para o período de análise de 1 ano.

Então, com o levantamento realizado e o consumo medido nos meses de maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro de 2017, foi possível criar um cenário de utilização dos equipamentos. Assumiu-se que o EV está aberto de segunda a sexta-feira e o tempo de utilização dos equipamentos foi estimado conforme conversa com os usuários e estão indicadas na Tabela 2.

LOCAL	EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	POTENCIA (W)	HORAS UTILIZADAS POR SEMANA
Café	Embutido quadrado 12W	5	12	12
Café	Embutido quadrado 3W	7	3	12
Café	Embutido quadrado 1W	4	1	12
Café	Cafeteira	1	1000	5
Catálogos	Embutido quadrado 3W	10	3	12
Catálogos	Embutido quadrado 24W	1	24	12
Circulação	Embutido quadrado 24W	2	24	12
PPME Feminino	Embutido quadrado 24W	1	24	5
PPME Masculino	Embutido quadrado 24W	1	24	5
Escritório	Pendente direto	12	33	10
Escritório	Computador	1	250	10
Escritório	Multimídia Epson	1	308	10
Coordenação	Embutido quadrado 24W	9	24	5
Coordenação	Impressora DCP-J125	1	18,5	1
Coordenação	Computador	1	250	10
Coordenação	Telefone sem fio	1	1,6	2
Escada	Balizador	10	0,6	2
Mezanino	Pendente direto	3	33	5
Mezanino	Computador	2	250	15
Mezanino	Ar condicionado portátil	1	280	0

Tabela 2: Cenário de consumo do EV

Fonte: Os autores

Com o cenário de consumo realizado, a estimativa é que o EV consome 122,71 kWh/mês nos meses que possuem 30 dias e são letivos. Então, criou-se um cenário para o período de novembro/2016 a outubro/2017, como ilustrado no Quadro 1, considerando a quantidade de dias no mês. Como adotou-se a média dos 6 meses de consumos medidos para a criação do cenário, o consumo dos meses letivos e não letivos são considerados os mesmos, diferenciado o consumo apenas conforme a quantidade de dias no mês.

	nov 2016	dez 2016	jan 2017	fev 2017	mar 2017	abr 2017	mai 2017	jun 2017	jul 2017	ago 2017	set 2017	out 2017
Consumo diário (kWh)	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09
Dias no mês	30	31	31	28	31	30	31	28	31	30	31	30
Consumo mensal (kWh)	122,71	126,80	126,80	114,53	126,80	122,71	126,80	114,53	126,80	122,71	126,80	122,71

Quadro 1: Estimativa de consumo do EV

Fonte: Os autores

4 | DADOS DE GERAÇÃO E DESEMPENHO DO SFVCR

Os dados de irradiação são coletados no site do INMET, relativos a estação A-807 existente em Curitiba, desde a implantação do SFVCR no EV, em dezembro de 2011 e compilados para que seja possível realizar diversas análises. O piranômetro do INMET está instalado na posição horizontal, por isso é necessário utilizar um software para determinar a irradiação real no plano inclinado dos módulos. Assim, optou-se pelo uso do software radiasol, disponível gratuitamente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, 2012).

São coletados também dados de geração de energia elétrica do SFVCR do EV e desde 2012 é realizada essa coleta para o acompanhamento do sistema e também análises e estudos. O Gráfico 1 apresenta a geração do SFVCR mês a mês desde janeiro de 2012 até o mês de outubro de 2017.

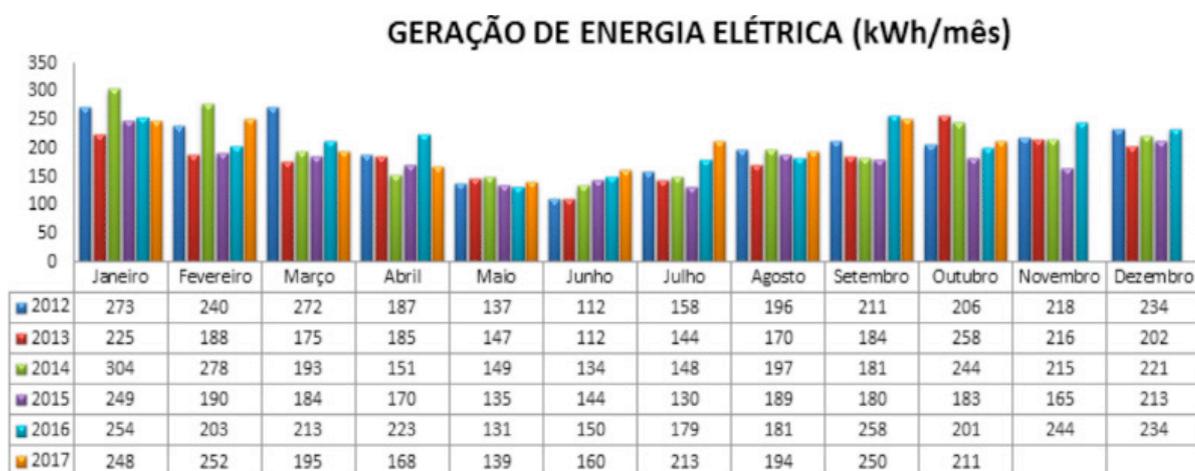


Gráfico 1: Geração do SFVCR

Fonte: Os autores

Considerou-se um período de 1 ano para análise, sendo de novembro/2016 a outubro/2017. Nesse período, o mês de maio/2017 apresentou a menor geração (139 kWh) e fevereiro/2017 (252 kWh) a maior.

As Figuras de Mérito do SFVCR do EV observadas entre 2012 e 2016 são: Produtividade = 1.111 kWh/kWp; Taxa de Desempenho = 70% e Fator de Capacidade = 12,7%. O SFVCR do EV, bem como seus componentes individualmente (módulos e inversor), atendem as normas vigentes no país, como por exemplo, a NBR16274/2014

e a NBR 11876/2010.

5 | DISCUSSÕES

Para a comparação dos resultados obtidos no decorrer do artigo elaborou-se o Quadro 2 com os dados da estimativa de consumo e os dados de geração de energia do SFVCR no EV no período de novembro/2016 a outubro/2017. A média de geração de energia no período foi 209 kWh/mês e o consumo 123,39 kWh/mês.

	nov 2016	dez 2016	jan 2017	fev 2017	mar 2017	abr 2017	mai 2017	jun 2017	jul 2017	ago 2017	set 2017	out 2017
Geração SFVCR (kWh)	244,00	234,00	248,00	252,00	195,00	168,00	139,00	160,00	213,00	194,00	250,00	211,00
Consumo estimado (kWh)	122,71	126,80	126,80	114,53	126,80	122,71	126,80	114,53	126,80	122,71	126,80	122,71
Excedente (kWh)	121,29	107,20	121,20	137,47	68,20	45,29	12,20	45,47	86,20	71,29	123,20	88,29
Resultado acumulado (kWh)	121,29	228,49	349,68	487,15	555,35	600,64	612,84	658,31	744,51	815,79	938,99	1027,28

Quadro 2: Geração e consumo de energia no EV

Fonte: Os autores

Com os resultados obtidos, conclui-se que o Escritório Verde é uma construção de energia positiva. O conceito de energia zero (*Zero Energy Building*), que, segundo Urbanetz *et al.* (2014), são construções onde energia gerada é igual à energia necessária para atender as demandas existentes na edificação é atingido e superado no EV, pois a produção de energia através do SFVCR é superior ao consumo do escritório. No Gráfico 2 é possível visualizar a diferença entre o consumo e a geração de energia elétrica no período.

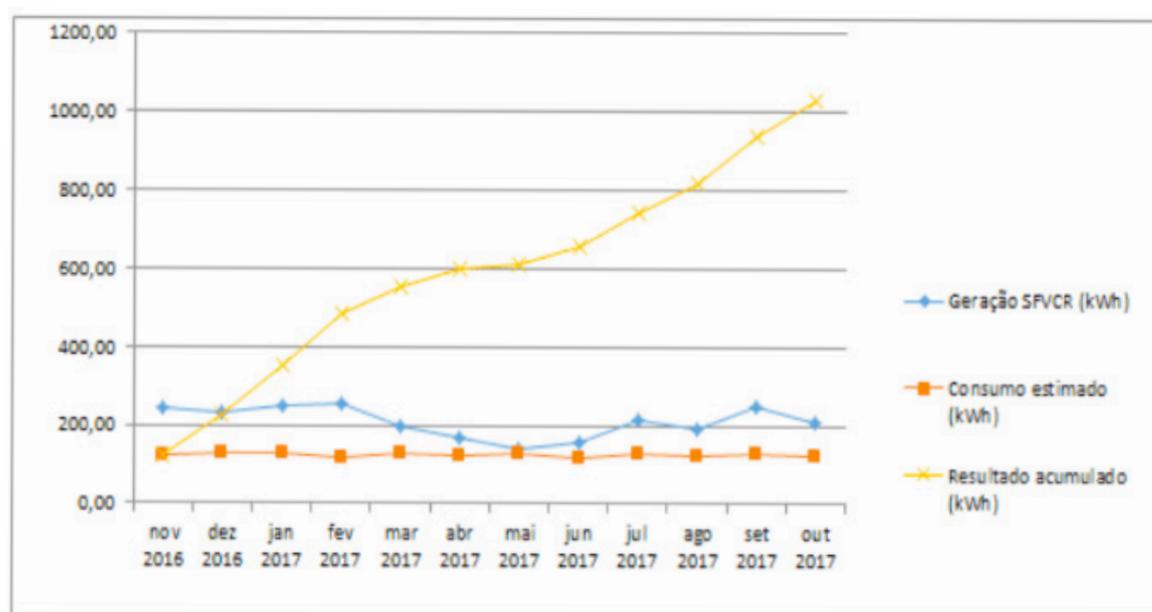


Gráfico 2: Comparação da geração e consumo de energia do EV

Fonte: Os autores

Analisando o Gráfico 2, pode-se observar que os meses que mais contribuem

para o excedente de energia coincidem com os meses de maior irradiação. O mês de Fevereiro/2017 apresentou um recorde de excedente de energia (137,47 kWh) por ser o mês com maior geração no período e possuir 28 dias. Em contrapartida, o mês de maio/2017 apresentou menor produção de energia (139 kWh) e foi o que injetou menos energia para a rede (12,20 kWh).

6 | CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos, conclui-se que o Escritório Verde vai além de uma *Zero Energy Building* (ZEB), é uma construção de energia positiva, ou seja, gera mais energia do que consome. A produção de energia através do SFVCR é superior ao consumo do Escritório, onde a estimativa indica que no período analisado, gerou um excedente de 1.027 kWh. O resultado se deve ao emprego de lâmpadas LED e à contribuição da iluminação natural, pois reduz a necessidade da utilização da iluminação artificial.

Outra questão importante a se considerar é o fato de não necessitar de equipamentos para a ventilação forçada ou aquecimento, pois a edificação possui boa carga térmica devida ao emprego de materiais isolantes e técnicas de ventilação cruzada.

O cenário de consumo adotado no trabalho foi uma média dos 6 meses de consumo medido e para obter melhores resultados na análise sugere-se que seja ampliada a medição do consumo real na edificação por meio de leituras e acompanhamento no medidor, em períodos maiores de tempo.

Por fim, o estudo apontou que o SFVCR possui resultados ótimos na eficiência energética do EV, é uma excelente alternativa para minimizar os impactos ao meio ambiente e a geração de energia supre a demanda e, ainda, excede mais de 70% da necessidade. O EV como estudo de caso e como ferramenta de ensino tem, para além dos aspectos energéticos, outras possibilidades de pesquisa e análise cujos estudos futuros podem contemplar.

7 | REFERÊNCIAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. “**Matriz Energética do Brasil**”. 2017a.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. “Registros de Micro e Minigeradores distribuídos efetivados na ANEEL”. 2017b.

Agenda 2030. **Plataforma Agenda 2030**. Brasil, 2016.

Bem Paraná. ONU premia Escritório Verde” da Tecverde Engenharia e UTFPR: Escritório Verde é destacado em Educação e Sustentabilidade. 2012.

Garcia, A. V.; Oliveira, E. C. A. de; Silva, G. P.; Costa, P. P. da; Oliveira, L. A. de. **Disponibilidade Hídrica e volume de água outorgado na micro-bacia do Ribeirão Abóbora, Município de Rio Verde, Estado de Goiás.** Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 8, n.22, 2007.

Lima, Lucimara Ferreira de. **Processo AQUA de certificação de edificações sustentáveis na fase operação e uso: estudo de caso do Escritório Verde da UTFPR.** Dissertação de Mestrado. 2013. 104 f.

Mariano, Juliana D'Angela. **Análise do Potencial da Geração de Energia Fotovoltaica para Redução dos Picos de Demanda e Contribuição Energética nas Edificações da UTFPR em Curitiba.** 2017. 194 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

Oliveira, Allan R.. Campos, Henrique M. v. d. B..Amarante, JoãoG..**Study about the energy efficiency of the Green Office of Federal Technological University of Paraná, Curitiba campus.**2013. 256 p. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Industrial Elétrica – ênfase em Eletrotécnica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Revista Green Building. **Conhecimento em sustentabilidade: Escritório Verde da UTFPR é exemplo de sustentabilidade e busca a certificação de operação e uso do Processo AQUA.** Edição 13. Brasil, 2012.

UFRGS. **“Programa RADIASOL”.** Laboratório de Energia Solar. Rio Grande do Sul, 2012.

Urbanetz Junior, Jair; Casagrande Junior, Eloy Fassi; Tiepolo, Gerson Máximo. **Acompanhamento Do Desempenho Do Sistema Fotovoltaico Conectado À Rede Elétrica Do Escritório Verde Da UTFPR.** Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, Florianópolis, ago. 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 978-85-7247-066-7

