

A close-up photograph of a hand holding a grey probe, testing a component on a printed circuit board (PCB). The background is blurred, showing other electronic components and a glowing light source. The image is overlaid with a diagonal brown textured pattern.

Lilian Coelho de Freitas  
(Organizadora)

**Engenharia Elétrica  
e de Computação:  
Atividades Relacionadas com  
o Setor Científico e Tecnológico**  
**4**

Lilian Coelho de Freitas  
(Organizadora)

**Engenharia Elétrica  
e de Computação:  
Atividades Relacionadas com  
o Setor Científico e Tecnológico**  
**4**

### **Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

### **Bibliotecário**

Maurício Amormino Júnior

### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

### **Imagens da Capa**

Shutterstock

### **Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

### **Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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

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

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

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

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

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

## **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

## **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

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

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília

Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecário** Maurício Amormino Júnior  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Vanessa Mottin de Oliveira Batista  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadora:** Lilian Coelho de Freitas

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

E57 Engenharia elétrica e de computação: atividades relacionadas com o setor científico e tecnológico 4 / Organizadora Lilian Coelho de Freitas. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-459-7

DOI 10.22533/at.ed.597200610

1. Engenharia elétrica. 2. Computação. I. Freitas, Lilian Coelho de (Organizadora). II. Título.

CDD 621.3

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A Atena Editora apresenta o *e-book* “*Engenharia Elétrica e de Computação: Atividades Relacionadas com o Setor Científico e Tecnológico 3*”. O objetivo desta obra é mostrar aplicações tecnológicas da Engenharia Elétrica e de Computação na resolução de problemas práticos, com o intuito de facilitar a difusão do conhecimento científico produzido em várias instituições de ensino e pesquisa do país.

O *e-book* está organizado em dois volumes que abordam de forma categorizada e interdisciplinar trabalhos, pesquisas e relatos de casos que transitam nos vários caminhos da Engenharia Elétrica e de Computação.

O Volume III tem como foco aplicações e estudos de atividades relacionadas à Computação, abordando temas variados do *hardware* ao *software*, tais como automação e robótica, arquitetura de redes, Internet, computação em névoa, modelagem e simulação de sistemas, entre outros.

O Volume IV concentra atividades relacionadas ao setor elétrico e eletrônico, abordando trabalhos voltados para melhoria de processos, análise de desempenho de sistemas, aplicações na área da saúde, entre outros.

Desse modo, temas diversos e interessantes são apresentados e discutidos, de forma concisa e didática, tendo como base uma teoria bem fundamentada nos resultados práticos obtidos por professores e acadêmicos.

Boa leitura!

Lilian Coelho de Freitas

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
DESEMPENHO DE ISOLADORES SOB CHUVAS INTENSAS Darcy Ramalho de Mello <b>DOI 10.22533/at.ed.5972006101</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
TRAVESSIA DO RIO AMAZONAS E SUPERAÇÃO DA FLORESTA AMAZÔNICA: PROJETO ESTRUTURAL E DESAFIOS CONSTRUTIVOS Juliana Nobre de Mello Motta Roberto Luís Santos Nogueira Luiz Carlos Mendes Mariana Souza Rechtman Renata Cristina Jacob de Jesus <b>DOI 10.22533/at.ed.5972006102</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>27</b>
PIRTUC: 15 ANOS DEPOIS - AVALIAÇÃO DAS AÇÕES DE INSERÇÃO REGIONAL DA UHE TUCURUÍ Sílvia Maria Frattini Gonçalves Ramos Rosana dos Santos Brandão <b>DOI 10.22533/at.ed.5972006103</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>41</b>
PLANO DE CORTE MANUAL DE CARGA Anderson Siqueira Nogueira Rodrigo Damasceno Souza Marcelo de Calazans Barcelos Suellen Karine Braga Vieira Walmir de Oliveira Campos <b>DOI 10.22533/at.ed.5972006104</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>53</b>
PROCEL RELUZ – ILUMINAÇÃO PÚBLICA E SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA EFICIENTES Adjeferson Custódio Gomes Adi Neves Rocha Fabiano Rodrigues Soriano Luís Ricardo Cândido Cortes Taís Mirele Fernandes da Silva Thiago Luís Campos Rodrigues <b>DOI 10.22533/at.ed.5972006105</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>66</b>
PRODUÇÃO EFICIENTE DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COM CUSTO OPERACIONAL REDUZIDO Igor Ferreira do Prado	

Taís Mirele Fernandes da Silva  
Marcelo Bento Pisani  
Rodrigo Dórea da Silva  
**DOI 10.22533/at.ed.5972006106**

**CAPÍTULO 7..... 77**

**PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM: BREVE PANORAMA**

Adjeferson Custódio Gomes  
Fabiano Rodrigues Soriano  
Fábio Alexandre Martins Monteiro  
Luís Ricardo Cândido Cortes  
Victor Santos Matos  
Vinícius de Souza Andrade Wanderley

**DOI 10.22533/at.ed.5972006107**

**CAPÍTULO 8..... 88**

**REPRESENTAÇÃO DE MODELOS RACIONAIS NO PROGRAMA ATP**

Sergio Luis Varricchio

**DOI 10.22533/at.ed.5972006108**

**CAPÍTULO 9..... 100**

**UMA PROPOSTA PARA A IDENTIFICAÇÃO DA ORIGEM DOS FENÔMENOS  
VTCDS EM INSTALAÇÕES CONSUMIDORAS SUPRIDAS POR  
TRANSFORMADORES DELTA-ESTRELA ATERRADA**

Adrian Ribeiro Ferreira  
José Carlos de Oliveira  
Paulo Henrique Oliveira Rezende

**DOI 10.22533/at.ed.5972006109**

**CAPÍTULO 10..... 113**

**ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NO ESTADO DA  
BAHIA**

Adjeferson Custódio Gomes  
Fabiano Rodrigues Soriano  
Giovanna Buscatti Gonçalves  
Luís Ricardo Cândido Cortes  
Victor Santos Matos  
Vinícius de Souza Andrade Wanderley

**DOI 10.22533/at.ed.59720061010**

**CAPÍTULO 11..... 129**

**ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO HIDRO-SOLAR AUXILIADO POR UM SISTEMA DE  
ARMAZENAMENTO DE ENERGIA NA FORMA DE HIDROGÊNIO JUNTO À USINA  
HIDROELÉTRICA DE MANSO**

Juarez Corrêa Furtado Júnior  
Ennio Peres da Silva  
Vitor Feitosa Riedel  
Demóstenes Barbosa da Silva

Diogo Oliveira Barbosa da Silva  
Ana Beatriz Barros Souza  
Hélio Nunes de Souza Filho

**DOI 10.22533/at.ed.59720061011**

**CAPÍTULO 12..... 146**

**ANÁLISE DE METODOLOGIAS PARA DETECÇÃO DE PERDA DE EXCITAÇÃO EM GERADORES SÍNCRONOS**

Mateus Camargo Franco  
Eduardo Machado dos Santos  
Alex Itczak  
Arian Rodrigues Fagundes  
Artur Henrique Rodrigues

**DOI 10.22533/at.ed.59720061012**

**CAPÍTULO 13..... 160**

**DESENVOLVIMENTO DE FUNCIONALIDADES COMPUTACIONAIS PARA ATENDIMENTO DOS NOVOS PROCEDIMENTOS DE REDE PARA ESTUDOS DE DESEMPENHO HARMÔNICO**

Cristiano de Oliveira Costa  
Sergio Luis Varricchio  
Franklin Clement Véliz  
Fabiano Andrade Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.59720061013**

**CAPÍTULO 14..... 174**

**EXTRAÇÃO DE PARÂMETROS DE MÁQUINAS SÍNCRONAS POR MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE ENSAIO DE CURTO-CIRCUITO**

Guilherme Gomes dos Santos  
Paulo Sérgio Zanin Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.59720061014**

**CAPÍTULO 15..... 188**

**APRENDIZADO AUTODIDATA DA LÍNGUA INGLESA**

Lucas Eid Ramire Gonçalves  
Luiz Eduardo Vieira Montanha  
Marco Antonio Nagao

**DOI 10.22533/at.ed.59720061015**

**CAPÍTULO 16..... 193**

**MODELAGEM DE PROCESSOS: UMA PROPOSTA DE MELHORIA PARA A ATUAÇÃO DAS EQUIPES DE SAÚDE DA ATENÇÃO BÁSICA**

Ana Carla do Nascimento Santos  
Jislane Silva Santos de Menezes  
Almerindo Nascimento Rehem Neto  
Adriana de Melo Fontes  
Gilson Pereira dos Santos Júnior  
Jean Louis Silva Santos

Cristiane Oliveira de Santana

DOI 10.22533/at.ed.59720061016

<b>SOBRE A ORGANIZADORA.....</b>	<b>206</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>207</b>

# CAPÍTULO 10

## ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO FOTVOLTAICA NO ESTADO DA BAHIA

*Data de aceite: 01/10/2020*

*Data de submissão: 05/08/2020*

### **Ad Jefferson Custódio Gomes**

Universidade Estadual de Santa Cruz  
Ilhéus – Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/7544659643429006>

### **Fabiano Rodrigues Soriano**

Universidade Estadual de Santa Cruz  
Ilhéus – Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/4708268086597248>

### **Giovanna Buscatti Gonçalves**

Universidade Estadual de Santa Cruz  
Ilhéus – Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/4912385804360920>

### **Luís Ricardo Cândido Cortes**

Universidade Federal de Uberlândia  
Uberlândia – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/7007542686718562>

### **Victor Santos Matos**

Universidade Estadual de Santa Cruz  
Ilhéus – Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/4813015095509110>

### **Vinícius de Souza Andrade Wanderley**

Universidade Estadual de Santa Cruz  
Ilhéus – Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/2757326537201365>

**RESUMO:** A análise do potencial de geração fotovoltaica de uma região de interesse é de fundamental importância para o estudo da

viabilidade de implantação deste tipo de sistema. Este trabalho focou na análise dos dados referentes ao perfil solar da Bahia, iniciando por uma abordagem geral das variáveis envolvidas, com posterior estudo de caso em um sistema simulado a fim de avaliar contrastes entre localidades. Como resultado de ambas análises, houve a constatação de que o estado apresenta grande potencial de geração via aproveitamento do recurso solar nas duas modalidades apresentadas, geração distribuída e centralizada. **PALAVRAS-CHAVE:** Bahia, Geração Centralizada, Geração Distribuída, Fotovoltaica, Potencial Fotovoltaico.

### ANALYSIS OF THE POTENTIAL OF PHOTOVOLTAIC GENERATION IN THE STATE OF BAHIA

**ABSTRACT:** An analysis of the photovoltaic generation potential of a region is of fundamental interest for the study of the feasibility of implementing this type of system. This work focuses on the analysis of the data to the solar profile of Bahia, starting, through a general approach of the variables involved, with a subsequent study case in a simulated system in order to evaluate contrasts between localities. As a result of both analyzes, there has been a realization that they are of great potential for generation through both a distributed and centralized system.

**KEYWORDS:** Bahia, centralized generation, distributed generation, photovoltaic, photovoltaic potential.

## 1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, a utilização da irradiação solar para geração de eletricidade vem recebendo grande atenção como uma alternativa limpa e renovável, características extremamente atrativas em vista da crescente preocupação com questões ambientais e de esgotamento de fontes não renováveis.

No Brasil, a geração fotovoltaica já se configura, junto com a energia eólica, como uma das mais promissoras formas de diversificação da matriz energética (AWS TRUEPOWER, 2018).

O estado da Bahia, foco deste trabalho, é pioneiro na geração fotovoltaica brasileira, apresentando um ambiente extremamente favorável à implementação de sistemas de aproveitamento do recurso solar, devido à sua localização na região tropical, o que acarreta na grande incidência de radiação da esfera solar.

Destarte, acaba sendo um dos estados com maior atratividade para investimentos neste setor, finalizando o ano de 2017 com 36 projetos vencedores em leilões realizados pela ANEEL, totalizando 1006 MW a ser instalado até 2021 (AWS TRUEPOWER, 2018).

Este trabalho busca analisar o potencial de geração fotovoltaica baiano, com base em dados climatológicos da região. Para tal, fora realizada uma discussão acerca das variáveis envolvidas no processo e como as mesmas influenciam no aproveitamento das placas utilizadas.

Por fim, fora realizado um estudo de caso objetivando a comparação dos potenciais de geração distribuída entre o estado da Bahia e de São Paulo, realizando um levantamento de dados das capitais de cada um: a cidade de Salvador (BA) e de São Paulo (SP).

## 2 | GERAÇÃO SOLAR

### A. Caracterização do recurso solar

Para a determinação da viabilidade técnica da implantação de um sistema de aproveitamento fotovoltaico, é imprescindível o entendimento das variáveis envolvidas no processo de geração.

A atmosfera terrestre afeta a distribuição dos raios solares incidentes sobre uma determinada região do globo. Ao adentrá-la, acabam por interagir com a mesma, o que acarreta na alteração de sua direção de propagação. Assim sendo, os raios incidentes, constituem-se, em geral, de dois componentes principais (IST; EUROPEIA, 2004): a irradiância difusa horizontal e a irradiância normal direta, as quais podem ser vistas na Figura 1.

- Irradiância Global Horizontal: Corresponde ao total de energia solar que

atinge a superfície terrestre em uma determinada região.

- Irradiância Difusa Horizontal: é a parcela da radiação que é desviada de sua trajetória original pela atmosfera atingindo a superfície no plano horizontal.
- Irradiância Normal Direta: é o parâmetro que representa a radiação recebida diretamente da esfera solar.

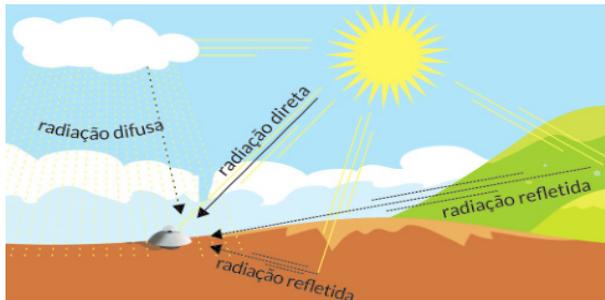


Figura 1 - Decomposição da irradiação solar.

Fonte: (AWS TRUEPOWER, 2018).

Além disso, existem ainda outros parâmetros de extrema importância na descrição do potencial solar de uma região (IST; EUROPEIA, 2004):

- Irradiância Global Horizontal: Corresponde ao total de energia solar que atinge a superfície terrestre em uma determinada região.
- Irradiância Global no Plano Inclinado: A inclinação das placas é projetada de forma a maximizar o aproveitamento dos raios solares incidentes.
- Insolação total: indica a quantidade de horas diárias cuja irradiância direta apresenta valores superiores ao valor de referência, especificado pela Organização Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization - WMO) como  $120 \text{ W/m}^2$ .
- Temperatura: exerce forte influência no desempenho das placas solares. Maiores temperaturas acarretam em menores rendimentos das placas.
- Velocidade e direção do vento: aparecem tanto no projeto estrutural do sistema como entre as variáveis da produção, pois, a movimentação de massas de ar contribui para o resfriamento das placas.

## B. As placas fotovoltaicas

Os painéis solares são os principais componentes dos sistemas de geração

fotovoltaica. São os responsáveis pela conversão da radiação solar incidente em energia elétrica. A depender de suas características construtivas, as células constituintes dos painéis, podem ser classificadas de acordo com o material utilizado em três gerações, as quais são (LANA; ALMEIDA; DIAS; ROSA *et al.*, 2015):

1ª Geração: enquadram-se nesta categoria aquelas construídas com silício cristalino. Estas ainda são divididas em silício monocristalino e policristalino.

As placas de silício monocristalino são mais eficientes, entretanto, custam mais caro devido aos processos a que são submetidas para garantir o nível de pureza desejado, o qual reflete em sua característica cor uniforme. Já as placas de silício policristalino apresentam menor eficiência, mas são mais atrativas por seu menor custo, sendo assim mais utilizadas.

2ª Geração: engloba os painéis construídos a partir da tecnologia de filmes-finos. Estes trazem consigo a grande vantagem de requererem menor gasto energético e de matéria-prima em sua fabricação, contribuindo para a redução de custos. São menos eficientes que os tipos anteriores.

3ª Geração: englobam as células orgânicas ou poliméricas, as quais constituem um grupo de células ainda em fase de desenvolvimento e produção em pequena escala. Podem ainda ser classificadas de acordo com o material do qual são constituídos (IST; EUROPEIA, 2004):

- Irradiância Global Horizontal: Corresponde ao total de energia solar que atinge a superfície terrestre em uma determinada região.
- Silício amorfo (a-Si);
- Telureto de cádmio (CdTe);
- Cobre, índio e gálio seleneto (CIS / CIGS);
- Células solares fotovoltaicas orgânicas (OPV);

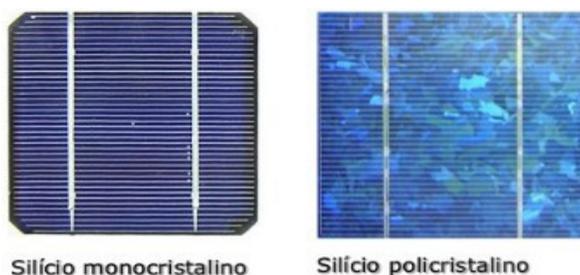


Figura 2 - Aspecto visual de placas de silício monocristalino x policristalino.

Fonte: (LANA; ALMEIDA; DIAS; ROSA *et al.*, 2015).



Figura 3 - Placas solares de filme-fino.

Fonte: (IST; EUROPEIA, 2004).

### C. Eficiência das placas fotovoltaicas

A eficiência energética de módulos fotovoltaicos depende das condições ambientais de funcionamento, tais como a temperatura, a intensidade da irradiação solar, o ângulo de inclinação e tipo de módulos solares (DE SOUZA; ARISTONE, 2017).

Em condições laboratoriais, é possível a confecção de painéis com eficiências superiores a 24%, porém comercialmente os valores típicos de eficiência das placas variam entre 13% e 19% (LANA; ALMEIDA; DIAS; ROSA *et al.*, 2015).

Nos laboratórios, os testes de eficiência são feitos sob condições normais de ensaio (Standard Testing Conditions - STC). Entretanto, tratam-se de condições restritas que, em geral, não traduzem a realidade brasileira, onde as temperaturas de operação das placas atingem facilmente valores superiores a 25°C, o que diminui a eficiência de geração.

Assim, na aquisição dos painéis, devem ser escolhidos aqueles com o menor coeficiente de temperatura, o qual identifica o grau de sensibilidade da eficiência da placa em função da temperatura (SOLAR, 2019).

Os painéis de silício monocristalino (m-Si) são os mais eficientes (apesar de mais caros), seguidos pelos de silício policristalino (p-Si). Já aqueles de filme-fino acabam por ser menos eficientes que os anteriores, apesar de mais baratos.

A Tabela 1 elenca os principais tipos de tecnologias empregados e mostra uma comparação dos rendimentos obtidos a partir da utilização de cada material.

Material	Célula	Módulo
Silício monocristalino	14 a 25%	14 a 21%
Silício policristalino	20%	13 a 16,5%
Orgânicas	12%	7 a 12%
Filmes finos	9 a 16%	7 a 13%
Silício amorfo	9%	6 a 9%
Telureto de Cádmio	14,4%	9 a 11%

Tabela 1 - Eficiência de células e módulos fotovoltaicos.

Fonte: (LANA; ALMEIDA; DIAS; ROSA *et al.*, 2015).

#### D. Geração centralizada

Em termos gerais, a geração centralizada é traduzida como grandes centrais geradoras com grandes capacidades instaladas, buscando o máximo aproveitamento da irradiação solar local (AWS TRUEPOWER, 2018).

A potência gerada será função tanto da irradiância local, quanto da eficiência das placas utilizadas, a qual, vai depender do módulo e do perfil do meio onde serão instaladas.

Além disso, por se tratar de um complexo, a área ocupada é considerável. Ou seja, a implementação de um parque solar passa a gerar preocupações ambientais, sendo inviáveis em áreas protegidas e podendo gerar conflitos com comunidades locais.

Apesar disso, a geração centralizada possibilita o maior aproveitamento dos recursos de uma região, uma vez que torna possível uma potência gerada de centenas de megawatts.

Na Bahia, o Complexo Lapa começou a gerar energia em maio de 2017 e está a operar em capacidade total. O complexo é composto por dois parques, Bom Jesus da Lapa (80 MW) e Lapa (78 MW) totalizando 158 MW, sendo atualmente o maior do Brasil.

#### E. Geração distribuída

Em contrapartida, na geração distribuída a área requerida é restrita aos locais disponíveis, que podem ser residências ou mesmo edificações industriais (AWS TRUEPOWER, 2018). A Figura 5 exibe placas fotovoltaicas instaladas em residências populares no município de Juazeiro - BA. Essas instalações são, em geral constituídas por painéis fixos e inclinados de forma a obter o máximo aproveitamento do potencial solar do local de instalação.

Quando se tratando de instalações isoladas, ou seja, não conectadas à rede, há ainda a possibilidade de utilização de baterias para possibilitar o armazenamento da energia gerada para utilização nos momentos de demanda. O conjunto de

baterias necessárias encarece o projeto, seja pelo seu preço de aquisição, quanto devido à sua vida útil não muito longa, além de requerer espaço dentro da edificação com condições mínimas de segurança (AWS TRUEPOWER, 2018).

Apesar de alguns problemas relacionados com o aumento da complexidade do sistema, a geração distribuída traz vantagens tanto para os consumidores quanto para concessionária e para o sistema interligado nacional. Algumas das quais como a redução dos custos de transporte, uma vez que se localizam próximas aos pontos consumidores e o atendimento a áreas remotas (GOMES, 2018).



Figura 4 - Geração centralizada.

Fonte: (AWS TRUEPOWER, 2018).



Figura 5 - Geração distribuída - Juazeiro - BA.

Fonte: (AWS TRUEPOWER, 2018).

### 3 I CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DA BAHIA

O estado da Bahia é o quinto maior estado brasileiro. Apresenta relevo caracterizado por planícies, planaltos e depressões e vegetação variada entre caatinga, cerrado, mata atlântica e até manguezais. Em paralelo, o estado apresenta considerável variabilidade climática por microrregião. Mas, de forma simplificada, sua localização é marcada por forte incidência solar, assim como todo o Nordeste (AWS TRUEPOWER, 2018).

Com base nos dados das principais estações meteorológicas da Bahia, foram estimadas as principais variáveis caracterizadoras de potencial em geração solar que podem ser vistas nas Figuras 6 a 10.

Como principal característica indicadora, a irradiação global horizontal anual, Figura 6, demonstra que o estado apresenta valores acima de 1400 kWh/m<sup>2</sup>, com grande predominância de valores acima de 2000 kWh/m<sup>2</sup> em seu território.

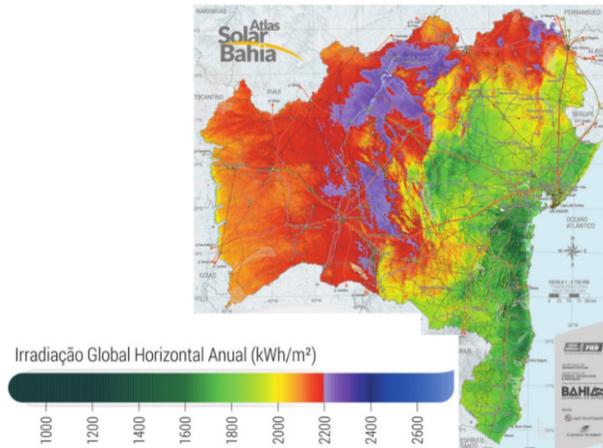


Figura 6 - Irradiação global horizontal anual no estado da Bahia.

Fonte: (AWS TRUEPOWER, 2018).

Da mesma forma, a análise da Figura 7 e sua comparação com a Figura 8 mostra a relação existente entre as componentes de irradiação direta e difusa: nas regiões onde se observa os maiores índices de irradiação direta menores são os valores de irradiação difusa. Disso entende-se que, a interação entre os raios solares e a atmosfera é menos intensa nessas regiões, acarretando em menores desvios dos raios luminosos e constatando-se a maior incidência direta dessa radiação.

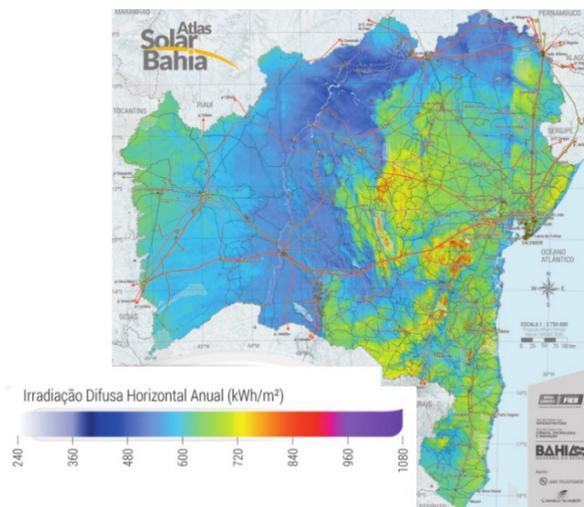


Figura 7 - Irradiação difusa horizontal anual no estado da Bahia.

Fonte: (AWS TRUEPOWER, 2018).

A região de Barra a Juazeiro, bem como entre Macaúbas e Livramento de Nossa Senhora chegam a apresentar índices de irradiação solar direta superiores a 2200 kWh/m<sup>2</sup>. Como dito anteriormente, em Juazeiro fora inaugurado o maior parque solar brasileiro, região está onde se constata menores índices de irradiação difusa e maiores da direta.

Na Bahia observam-se, ainda, altos índices de irradiação normal ao longo de boa parte de seu território. Tal fato se deve a sua posição geográfica, a qual consiste em uma região de baixa latitude, próxima ao Equador.

Da Figura 8, destaca-se o superior nível de irradiação normal média anual nas sub-regiões Oeste, Serra Geral, Irecê, Baixo Médio e Médio São Francisco e Chapada Diamantina.

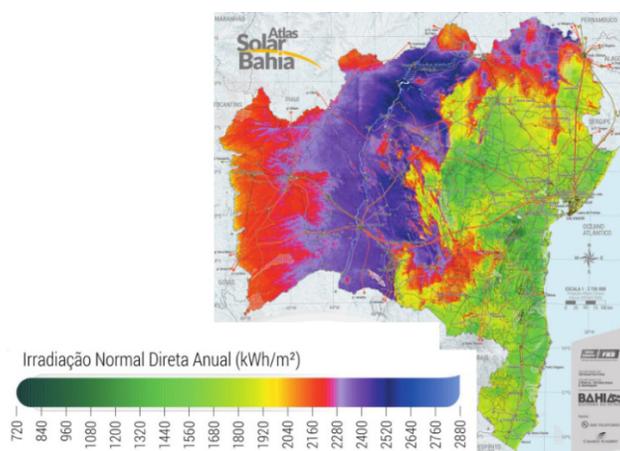


Figura 8 - Irradiação normal direta anual no estado da Bahia.

Fonte: (AWS TRUEPOWER, 2018).

Já no que tange aos dados da Figura 9, nota-se que, em relação à temperatura média anual, o estado apresenta forte predominância de temperaturas acima de 24°C, chegando a 28°C nas regiões do vale do São Francisco.

No que diz respeito a velocidade média dos ventos, Figura 10, o estado apresenta, em sua maior parte, ventos de 2,5 a 4,0 m/s, sendo que apenas nas regiões de maior altitude, como na Chapada Diamantina e nas Serras de Jacobina e do Espinhaço, os ventos tem velocidade de 4,5 a 8,0 m/s.

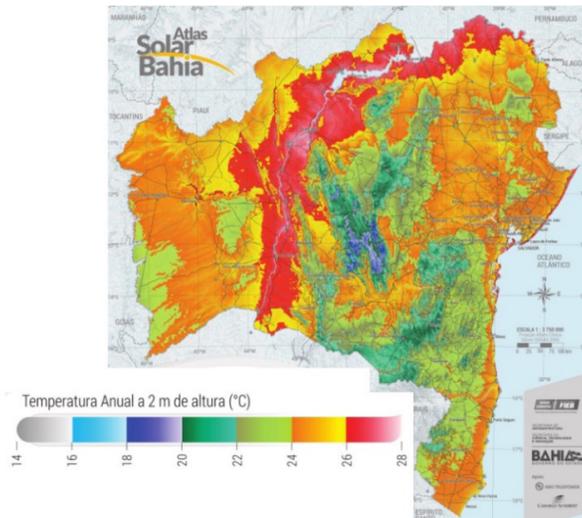


Figura 9 - Temperatura média anual no estado da Bahia.

Fonte: (AWS TRUEPOWER, 2018).

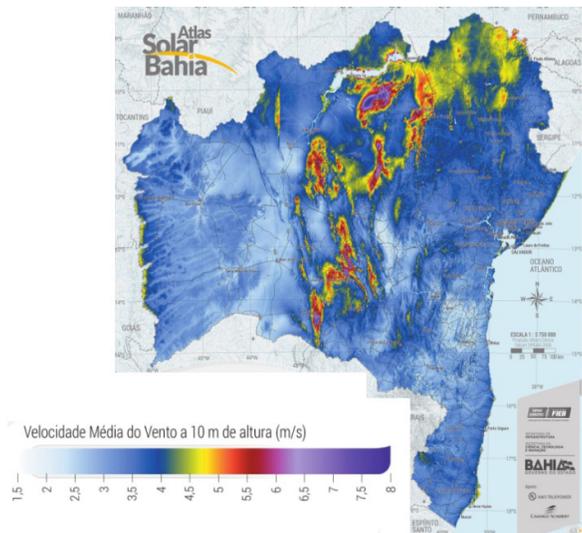


Figura 10 - Velocidade média dos ventos no estado da Bahia.

Fonte: (AWS TRUEPOWER, 2018).

#### 4 | ESTUDO DE CASO: GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Conforme definido, o sistema de geração distribuída se baseia na implantação das placas nas construções residenciais/industriais/comerciais podendo estar ligado à rede de distribuição e/ou a sistemas de armazenamento.

Um estudo realizado pela Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE) para a avaliação do potencial de geração fotovoltaica em residências, com base nos níveis de irradiância, área disponível de telhados e consumo de energia elétrica no ano de 2013, indicou, Tabela 2, que o estado com maior potencial fotovoltaico residencial era São Paulo, estando a Bahia em quarto lugar, atrás dos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro (DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014).

UF	São Paulo	Bahia
<b>Potencial Fotovoltaico Residencial (MWmédios)</b>	7.100	2.360
<b>Potencial Fotovoltaico Residencial(GWh/ano)</b>	62.196	20.674
<b>Consumo Residencial Anual 2013 (GWh)</b>	38.783	6.144
<b>Potencial Fotovoltaico/Consumo Residencial</b>	160%	337%

Tabela 2 - Potencial técnico fotovoltaico residencial.

Fonte: (DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014).

A fim de verificar a origem desta potencialidade, considerando que a Bahia se destaca em recurso solar, foi proposto um estudo de caso comparativo por meio de simulações no ambiente Matlab - Simulink®. Com base nos dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (INMET, 2019), estimou-se a energia média produzida para um sistema composto de 8 placas do modelo SunPower SPR-E20-327, de potência nominal 327 W (SUNPOWER, 2016), correspondendo ao intervalo de teste de Janeiro/2018 a Junho/2018, em relação às cidades de Salvador (BA) e São Paulo (SP).

A partir do diagrama montado, Figura 11, com base na simulação de exemplo Solar Cell Power Curve (MATLAB, 2019), foram obtidas as potências diárias médias associadas aos valores médios uteis de irradiância e temperatura ambiente, Tabela 3, a partir das estações meteorológicas A401 - Salvador e A701 - São Paulo. Com o produto dessas potências pelas insolações mensais (estações: 83229 - Salvador, 83781 - São Paulo), obteve-se a energia média produzida em cada um dos meses simulados, Figura 12.

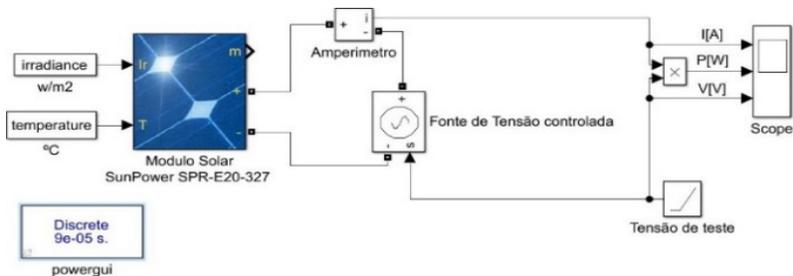


Figura 11 - Diagrama de simulação.

Fonte: acervo dos autores.

Uma observação que precisa ser feita é que a faixa temporal analisada foi limitada pela disponibilidade de dados das estações meteorológicas, ainda que fosse desejado a análise anual.

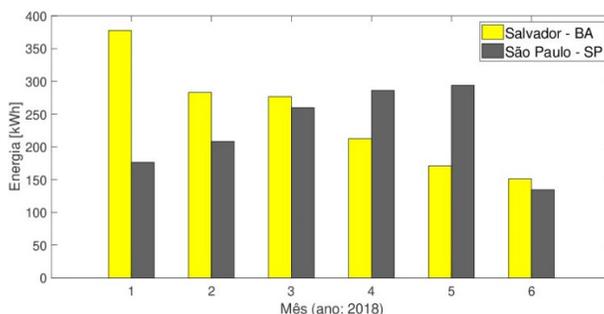


Figura 12 - Gráfico de energia gerada mensalmente.

Fonte: acervo dos autores.

A Figura 12 indica que a cidade de Salvador nos meses de janeiro, fevereiro e março (durante o verão) apresenta alta produção energética no sistema. Cruzando com os dados da Tabela 3, vê-se que nesses meses a taxa de irradiância é na faixa de  $600 \text{ Wh/m}^2$  e as horas de sol na faixa de  $200 \text{ h/mês}$ . Enquanto isso São Paulo, na mesma época, apresenta situação inversa: baixa produção energética, irradiância e insolação inferiores.

Essa situação diz respeito às características climáticas das regiões: Salvador apresenta verão de sol forte, dias longos e poucas chuvas, enquanto em São Paulo, o verão é marcado por fortes chuvas, dias menores e mais escuros. Tal dinâmica se inverte em direção ao outono. Esses sintomas refletem a influência da sazonalidade na produção.

Mês	Temperatura [°C]		Irradiância [Wh/m <sup>2</sup> ]		Insolação total [h/mês]	
	São Paulo	Salvador	São Paulo	Salvador	São Paulo	Salvador
1	22.644	27.242	523.494	650.971	129	225.1
2	22.135	27.175	539.986	611.025	147.3	180
3	23.494	27.539	580.693	570.564	171.4	189.1
4	21.146	26.106	569.719	511.457	190.7	161.2
5	19.088	26.106	551.939	462.839	200.9	143.4
6	18.434	24.466	445.199	453.850	114.2	129

Tabela 3 - Parâmetros médios calculados.

Fonte: acervo dos autores.

Assim, infere-se que nesses meses, Salvador apresentou uma média superior de produção energética, indicando que mesmo não estando nas regiões do estado com as mais altas incidências solares, conseguiu ultrapassar a capital do estado de São Paulo, a qual possui maior potencialidade de geração distribuída. O motivo por trás disso é exposto pela Tabela 2, onde o potencial fotovoltaico residencial é calculado considerando as áreas disponíveis dos telhados – sendo diretamente proporcional à densidade populacional. A Bahia, com aproximadamente 15 milhões de habitantes contra SP com mais de 40 milhões segundo IBGE. Assim, SP só se destaca por conta da grande densidade de telhados disponíveis para captar o recurso solar em relação a BA.

Ainda sobre a Tabela 2, a razão entre Potencial Fotovoltaico e consumo residencial chama atenção, ao informar que o estado é capaz, mesmo que com densidade demográfica inferior, produzir 300% a mais do que consome em energia elétrica se o sistema fosse implementado, contra os 160% de SP.

## 5 | ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO

Observando-se o mapa de global horizontal irradiance (GHI) do Brasil, Figura 13, pode-se observar que tal índice se apresenta em menor valor no litoral do estado de Santa Catarina, na ordem de 1500 kWh/m<sup>2</sup> de GHI anual, enquanto a maior incidência se verifica no norte do estado da Bahia, na ordem de 2330 kWh/m<sup>2</sup>. Com base nessas informações, pode-se inferir que todo o território tem incidência média de 4,0 a 6,4 kWh/m<sup>2</sup> diária.

Uma comparação interessante é realizada com países pioneiros e líderes em geração fotovoltaica, como a Alemanha, que possui uma incidência anual entre 1000 a 1.200 kWh/m<sup>2</sup> e a Espanha que varia de 1.200 a 1.900 kWh/m<sup>2</sup> anuais, Figura 14 (DA ROSA; GASPARIN, 2016).

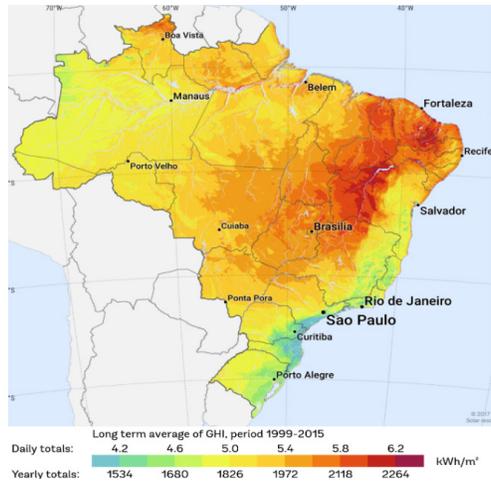


Figura 13 - GHI médio diário/anual do Brasil.

Fonte: (SOLARGIS, 2019).

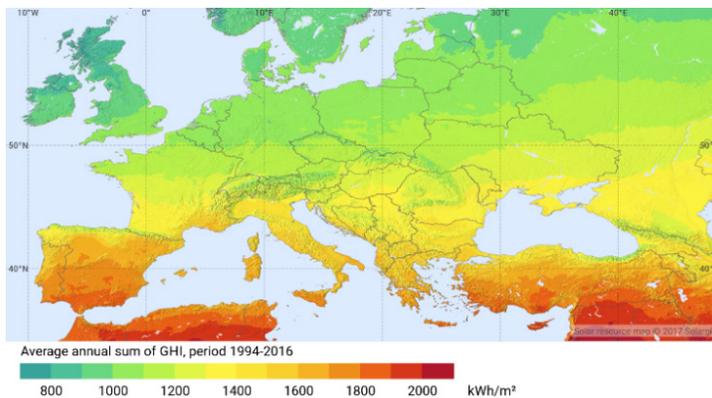


Figura 14 - GHI médio anual da Europa.

Fonte: (SOLARGIS, 2019).

Assim sendo, a Bahia se destaca tanto nacional quanto internacionalmente no setor, uma vez que, como fora visto, apresenta condições de irradiação extremamente favoráveis para o aproveitamento energético, com foco nas regiões centro-norte e oeste do estado.

Ainda em comparação aos países europeus, levanta-se uma questão interessante: “Por que então a Bahia não demonstra grande aproveitamento nesse recurso?”. A Bahia, ainda que detentora desse enorme potencial de geração solar, enfrenta dificuldades em implementá-lo, uma vez que a infraestrutura dos sistemas elétricos presentes nas áreas de maior capacidade não é suficiente para escoar

essa energia (AWS TRUEPOWER, 2018).

Além do mais, quando se trata de geração solar centralizada, o estado ainda encontra outras dificuldades, ainda que este tenha território vasto, a presença de diversas regiões ambientalmente protegidas, como reservas naturais, terras indígenas e quilombos diminuem a área efetiva (AWS TRUEPOWER, 2018).

Em relação a geração distribuída, ainda que o estado tenha um vasto território, há uma maior concentração das regiões urbanas na faixa litorânea (AWS TRUEPOWER, 2018). Isso representa valores menores de GHI e uma área útil reduzida para implementação desse tipo de sistema, como percebido no estudo de caso.

## 6 | CONCLUSÕES

Constata-se que o estado da Bahia apresenta um potencial para geração fotovoltaica extremamente alto, se destacando nas principais condições: irradiações e insolação. Ainda que apresente temperaturas altas por todo território, essa grandeza pode ser amenizada pela presença de taxas consideráveis de ventos nas regiões de maior temperatura.

A geração centralizada já ratifica a superioridade do potencial com a presença dos principais e maiores sistemas em funcionamento desse tipo no país e dos novos sistemas leiloados para futura instalação, com leve dificuldades de interligar esses sistemas na infraestrutura energética existente.

A geração distribuída, definitivamente, não pode ser renegada, uma vez que tem capacidade de gerar três vezes o consumido no estado, com relação aos valores absolutos de irradiação solar. Qualquer região do território tem tecnicamente viabilidade para o desenvolvimento dessa forma de geração, mesmo que fora das melhores condições, bastando um estudo e dimensionamento adequado.

## REFERÊNCIAS

AWS TRUEPOWER, C. S. E. A., FIEB/SENAI CIMATEC. **Atlas solar : Bahia**. CIMATEC/SENAI, S. S. Salvador: 76 p. 2018.

DA ROSA, A. R. O.; GASPARIN, F. P. **Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil**. **Revista Brasileira de Energia Solar**, 7, n. 2, p. 140-147, 2016.

DE PESQUISA ENERGÉTICA, E.-E. **Nota Técnica DEA 19/14–Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil–Condicionantes e Impactos**. Rio de Janeiro, 2014.

DE SOUZA, A.; ARISTONE, F. **ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS EM FUNÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR NO CENTRO-OESTE BRASILEIRO**. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, 2, n. 7, p. 115-128, 2017.

GOMES, A. C. **Microrredes CC: distribuição de potência e modelo estático com base no controle por droop e MPPT**. 2018.

INMET. **Bdmep - dados históricos e dados meteorológicos**. 2019. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal>. Acesso em: 15 de junho de 2019.

IST, D. A. E.; EUROPEIA, U. **Energia Fotovoltaica-Manual sobre tecnologias, projecto e instalação**. Janeiro de, p. 368, 2004.

LANA, L. T. C.; ALMEIDA, E.; DIAS, F. C. L. S.; ROSA, A. C. *et al.* **Energia solar fotovoltaica: Revisão bibliográfica**. *Engenharias On-line*, 1, n. 2, p. 21-33, 2015.

MATLAB, M.-. **Solar Cell Power Curve**. 2019. Disponível em: [https://www.mathworks.com/help/physmod/sps/examples/solar-cell-power-curve.html?s\\_tid=srchtitle](https://www.mathworks.com/help/physmod/sps/examples/solar-cell-power-curve.html?s_tid=srchtitle). Acesso em: 19 de junho de 2019.

SOLAR, P. **Tudo sobre a Eficiência do Painel Solar**. 2019. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/tudo-sobre-a-eficiencia-do-painel-solar.html>. Acesso em: 15 de junho de 2019.

SOLARGIS. **Solar resource and pv power potential maps**. 2019. Disponível em: <https://solargis.com/maps-and-gis-%20data/download#search>. Acesso em: 19 de junho de 2019.

SUNPOWER. **Datasheet SunPower® E-Series Residential Solar Panels - E20-327**. 2016. Disponível em: <https://us.sunpower.com/sites/default/files/media-library/data-sheets/ds-e20-series-327-residential-solar-panels.pdf>. Acesso em: 17 de junho de 2019.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ação socioambiental 27

Alternative Transient Program (ATP) 88

Armazenamento de energia elétrica 129, 131, 138, 143, 144

Atenção básica de saúde 193, 201, 203

### B

BPMN 193, 194, 195, 197, 198, 204, 205

### C

Cálculo estrutural 16

Chuva 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14

Compensações sociais 27

Custo operacional 66, 76

### D

Descargas disruptivas 3

Desempenho dielétrico 1, 2, 13

Distribuição de energia 144

### E

Eficiência energética 53, 54, 55, 56, 61, 62, 64, 66, 67, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 117, 127, 137, 144

Eletrobras 28, 33, 38, 39, 40, 58, 64, 65, 79, 86, 163

Eletronorte 27, 28, 31, 33, 38, 39, 40

Energia solar 66, 67, 68, 73, 76, 114, 115, 116, 127, 128, 136, 139, 141, 145

Energia solar fotovoltaica 66, 76, 127, 128, 136, 139, 141

Envoltórias 146, 148, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 183

Extração de parâmetros 174, 183, 184, 186

### F

Filtro morfológico 146, 151, 152, 154, 157, 159

Funções de transferência 88, 89

### G

Geração de energia 61, 63, 66, 67, 68, 71, 76, 84, 87, 129, 130, 139, 140, 141

Gerador síncrono 146, 149, 150, 153, 159, 187

## **H**

Harmônicos 160, 161, 163, 164, 165, 167, 171, 172

HarmZs 89, 90, 98, 160, 161, 163, 164, 165, 166, 167, 169, 170, 172

Hidrogênio 129, 131, 132, 138, 139, 141, 142, 143, 144

## **I**

Iluminação pública 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65

Isoladores 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17

## **M**

Máquina síncrona 147, 148, 149, 152, 174, 175, 177, 178, 179, 181, 182, 183, 184, 185, 186

Modelagem de processos 193, 197

Modelo de acompanhamento 88, 93

Modelos racionais 88, 89, 90

## **O**

Operador nacional do sistema elétrico 41, 133, 143, 161

## **P**

Painéis fotovoltaicos 66, 69, 76, 84, 131, 136, 137, 142

Painéis solares flutuantes 129, 130

Perda de excitação 146, 147, 148, 152, 153, 154, 157, 158, 159

Plano de corte manual de carga 41, 42, 46, 48, 51

Potência ativa 47, 146, 148

Procedimentos de redes 160

Procel Reluz 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65

Programa brasileiro de etiquetagem 56, 77, 78, 82, 86, 87

## **Q**

Qualidade da energia 100, 103

## **R**

Reatância 174, 175, 177, 178, 180, 183, 186

## **S**

Sistema interligado nacional 15, 41, 119, 138, 161, 162, 171

## U

UHE Tucuruí 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 37, 38, 39, 40

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

**Engenharia Elétrica  
e de Computação:  
Atividades Relacionadas com  
o Setor Científico e Tecnológico**  
**4**

🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
📷 @atenaeditora  
📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

**Engenharia Elétrica  
e de Computação:  
Atividades Relacionadas com  
o Setor Científico e Tecnológico**  
**4**