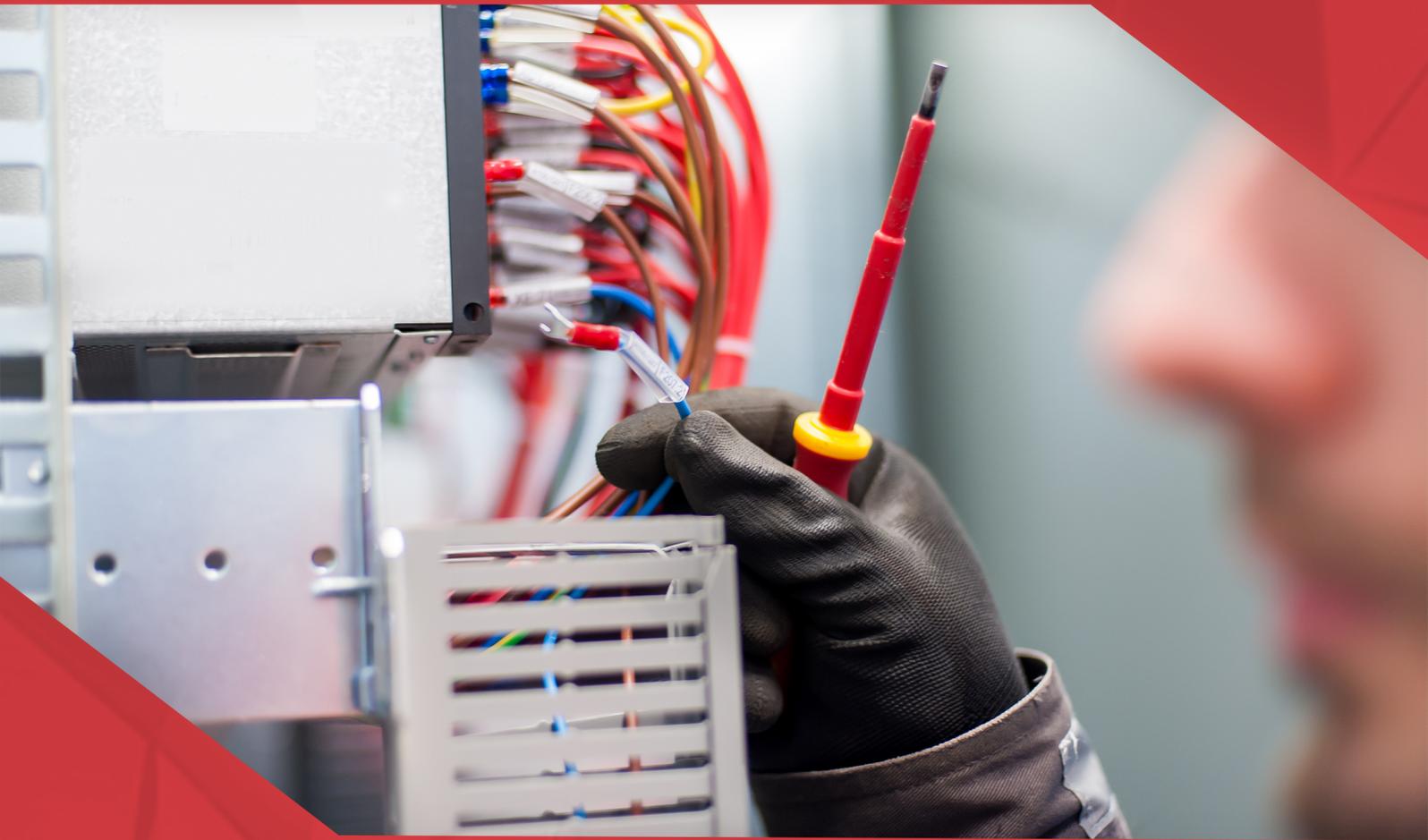


# A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Elétrica

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizadores)



# A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Elétrica

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizadores)



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Karine de Lima

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

### **Conselho Editorial**

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

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
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  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
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 Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
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  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
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. 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  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª 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  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
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  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

A642 A aplicação do conhecimento científico na engenharia elétrica [recurso eletrônico] / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-932-5

DOI 10.22533/at.ed.325201701

1. Engenharia elétrica – Pesquisa – Brasil. I. Dallamuta, João.  
II. Holzmann, Henrique Ajuz.

CDD 623.3

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A engenharia elétrica tornou-se uma profissão há cerca de 130 anos, com o início da distribuição de eletricidade em caráter comercial e com a difusão acelerada do telégrafo em escala global no final do século XIX.

Na primeira metade do século XX a difusão da telefonia e da radiodifusão além do crescimento vigoroso dos sistemas elétricos de produção, transmissão e distribuição de eletricidade, deu os contornos definitivos para a carreira de engenheiro eletricitista que na segunda metade do século, com a difusão dos semicondutores e da computação gerou variações de ênfase de formação como engenheiros eletrônicos, de telecomunicações, de controle e automação ou de computação.

Produzir conhecimento em engenharia elétrica é portando pesquisar em uma gama enorme de áreas, subáreas e abordagens de uma engenharia que é onipresente em praticamente todos os campos da ciência e tecnologia.

Neste livro temos uma diversidade de temas, níveis de profundidade e abordagens de pesquisa, envolvendo aspectos técnicos e científicos. Aos autores e editores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
PANORAMA ATUAL E CENÁRIO 2025 DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL	
Isabela Valpecovski Urbanetz Allana de Moura Netto Bruno Scolari Vicente Leite Jair Urbanetz Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3252017011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
GESTÃO EFICIENTE DAS ANUIDADES REGULATÓRIAS NA CEMIG DISTRIBUIÇÃO	
Rosane de Pinho Matos Viviane Fernanda de Aguiar Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3252017012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>21</b>
DESAFIOS DA REVISÃO PERIÓDICA DE AJUSTES DE GRANDES SISTEMAS -NORMAS, PROCEDIMENTOS E FERRAMENTAS	
Rodrigo A. Benes Ferreira Mario Roberto Bastos Nilson José Francischetti Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3252017013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>36</b>
AVALIAÇÃO ECONÔMICA E ENERGÉTICA DE UM SISTEMA INTEGRANDO MÁQUINA BIOPEIXES E REATOR MULTIFUNCIONAL PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	
Francisco de Assis da Silva Mota Francisco Francielle Pinheiro dos Santos Paula Cristina de Amorim Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3252017014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>48</b>
ANÁLISE DE PERDAS TÉCNICAS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO	
Francisco Jeandson Rodrigues da Silva Ailson Pereira de Moura Adriano Aron Freitas de Moura Douglas Aurélio Carvalho Costa Obed Leite Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3252017015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>61</b>
CARACTERIZAÇÃO E ESTRATIFICAÇÃO DOS SFVCR NO BRASIL: CENÁRIO ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS	
Diego Piazza Hilgert Jair Urbanetz Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3252017016</b>	

<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>75</b>
GECORTE CEMIG D: SELEÇÃO ÓTIMA DE ALVOS DE CORTE USANDO GEORREFERENCIAMENTO: DESENVOLVIMENTO SAP/CCS	
Wellington Fazzi Cancian Andre Luiz Soares Charles Ramos Pimenta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3252017017</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>89</b>
ÍNDICES DE REFERÊNCIA PARA APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA CABOS PARA-RAIOS ENERGIZADOS	
José Ezequiel Ramos Alexandre Piantini Ary D'Ajuz Valdemir Aparecido Pires Paulo Roberto de Oliveira Borges	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3252017018</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>96</b>
A EXPERIÊNCIA DA COPEL COM RELIGADORES MONOFÁSICOS	
Maurício Varassim Hernandes Oscar Kim Júnior Fausto Aurélio Portella Garcia Guilherme Fernandes Gonçalves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3252017019</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>108</b>
SISTEMA DE MONITORAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA COM VISTAS A MELHORIA DA QUALIDADE DE SERVIÇO	
Klendson Marques Canuto Avilez Batista de Oliveira Lima Paulo Roberto de Oliveira Braga Juraci Gomes de Aguiar Filho André Ribeiro da Costa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32520170110</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>122</b>
TÉCNICA DE RESGATE PARA TRABALHOS EM INSTALAÇÕES ENERGIZADAS – MÉTODO AO POTENCIAL	
Fernando César Pepe Wlademir Braido	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32520170111</b>	
<b>CAPÍTULO 12 .....</b>	<b>128</b>
MONITORAMENTO DE DESGASTE DE CONTATOS DOS DISJUNTORES DA SUBESTAÇÃO ISOLADA À GÁS DA UHE BELO MONTE	
Davi Carvalho Moreira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32520170112</b>	

**CAPÍTULO 13 ..... 139**

COMPARAÇÃO ENTRE TRANSFORMADORES A ÓLEO E A SECO

Marco Antonio Ferreira Finocchio  
Márcio Mendonça  
Lucas de Oliveira Antunes  
Jeferson Gonçalves Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.32520170113**

**CAPÍTULO 14 ..... 147**

OTIMIZAÇÃO POR ENXAME DE PARTÍCULAS APLICADA A CONTROLADORES DE CORRENTE PARA INVERSORES CONECTADOS À REDE

Lucas Cielo Borin  
Iury Cleveston  
Caio Ruviano Dantas Osorio  
Gustavo Guilherme Koch  
Fabricio Moretto Bottega  
Vinicius Foletto Montagner

**DOI 10.22533/at.ed.32520170114**

**CAPÍTULO 15 ..... 161**

OTIMIZAÇÃO DA CONFIABILIDADE PELA ALOCAÇÃO DE CHAVES AUTOMÁTICAS E USO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA EM ILHAMENTO

Railson Severiano de Sousa  
Camilo Alberto Sepúlveda Rangel  
Criciéle Castro Martins  
Mauricio Sperandio  
Luciane Neves Canha

**DOI 10.22533/at.ed.32520170115**

**CAPÍTULO 16 ..... 175**

COMO SELECIONAR TRANSISTORES DE POTÊNCIA PARA APLICAÇÕES EM CONVERSORES ESTÁTICOS?

Edemar de Oliveira Prado  
Pedro Cerutti Bolsi  
Mateus José Tiburski  
Éder Bridi  
Hamiltom Confortin Sartori  
José Renes Pinheiro

**DOI 10.22533/at.ed.32520170116**

**CAPÍTULO 17 ..... 190**

METODOLOGIA DE PROJETO DE CONVERSORES BOOST PARA APLICAÇÕES DE ALTA EFICIÊNCIA E ELEVADO GANHO DE TENSÃO

Mateus José Tiburski  
Éder Bridi  
Edemar Oliveira Prado  
Pedro Cerutti Bolsi  
Hamiltom Confortin Sartori  
José Renes Pinheiro

**DOI 10.22533/at.ed.32520170117**

<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>203</b>
INFLUÊNCIA DO PONTO DE OPERAÇÃO DE CONVERSORES ESTÁTICOS NO VOLUME E PERDAS DE DIFERENTES MATERIAIS MAGNÉTICOS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pedro Cerutti Bolsi</li> <li>Edemar de Oliveira Prado</li> <li>Mateus José Tiburski</li> <li>Éder Bridi</li> <li>Hamiltom Confortin Sartori</li> <li>José Renes Pinheiro</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32520170118</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>218</b>
WIRELESS CHARGER MANUFACTURING USING INDUCTIVE METHOD	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Maryam Liaqat</li> <li>Sulman Joseph</li> <li>Shamsa Maqsood</li> <li>Ali Raza</li> <li>Sana Aslam</li> <li>Waseem Imtiaz</li> <li>Muhammad Furqan Shoukat</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32520170119</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>235</b>
TRANSFORMADOR DE ATERRAMENTO EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Djair Pamplona dos Santos</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32520170120</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>248</b>
OTIMIZAÇÃO DE CONVERSORES BOOST INTERCALADO DE ALTO GANHO DE TENSÃO E ALTA EFICIÊNCIA	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Éder Bridi</li> <li>Mateus José Tiburski</li> <li>Edemar Oliveira Prado</li> <li>Pedro Cerutti Bolsi</li> <li>Hamiltom Confortin Sartori</li> <li>José Renes Pinheiro</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32520170121</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>262</b>
DETERMINAÇÃO DE PROCEDIMENTO PARA AVALIAR A INCERTEZA NA PREVISÃO DE PRECIPITAÇÃO E VAZÃO AFLUENTE POR SISTEMAS HIDRO METEOROLÓGICOS PARA AUXÍLIO NA OPERAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS E PLANEJAMENTO HIDROENERGÉTICO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reinaldo Bomfim da Silveira</li> <li>Anderson Nascimento de Araujo</li> <li>Mino Viana Sorribas</li> <li>Camila Freitas</li> <li>Rafael Schinoff Mércio Pereira</li> <li>Ângelo Breda</li> <li>José Eduardo Gonçalves</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32520170122</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>276</b>



## PANORAMA ATUAL E CENÁRIO 2025 DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Data de aceite: 03/01/2020

### **Isabela Valpecovski Urbanetz**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Curitiba – Paraná

### **Allana de Moura Netto**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Curitiba – Paraná

### **Bruno Scolari**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Curitiba – Paraná

### **Vicente Leite**

Instituto Politécnico de Bragança  
Bragança – Distrito de Bragança

### **Jair Urbanetz Junior**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Curitiba – Paraná

**RESUMO:** A energia solar fotovoltaica no Brasil teve seu crescimento impulsionado pela Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL, onde foi regulado os sistemas de micro e mini geração no sistema de compensação, e pelos leilões específicos para usinas fotovoltaicas realizadas pelo governo federal. Porém, o país ainda possui pouca representatividade da energia solar em sua matriz elétrica, cerca de 0,13%, com aproximadamente 1% da capacidade instalada de geradores de energia

elétrica considerando todas as fontes, ambos os valores são referentes ao ano de 2017. Nos momentos iniciais de uma tecnologia, seu crescimento se dá de forma irregular e por existir pouca capacidade instalada, qualquer valor adicionado pode ocasionar saltos nas variações percentuais de um ano para outro, ou seja, seu crescimento ainda não segue um padrão sustentável, o que deve se regularizar em torno do ano de 2025, seguindo a tendência mundial de crescimento de aproximadamente 30% a cada ano. Como cenário para 2025, a potência total dos SFVCR no Brasil será de aproximadamente 75,6 GWp o que representará 98,3 TWh de energia elétrica produzida por esta fonte, considerando a demanda de energia elétrica estimada para 2025 de 800 TWh, resultará na contribuição de 12,3% da energia por fonte solar fotovoltaica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia Solar Fotovoltaica, Cenário Energético, Capacidade Instalada.

### CURRENT PANORAMA AND 2025 SCENARIO OF PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY IN BRAZIL

**ABSTRACT:** The photovoltaic solar energy in Brazil was boosted by Normative Resolution No. 482/2012 of ANEEL, which regulated the micro and mini generation systems in the compensation system, and by the specific

auctions for photovoltaic plants carried out by the federal government. However, the country still has little representation of the solar energy in its electrical matrix, about 0.13%, with approximately 1% of the installed capacity of electricity generators considering all the sources, both values refer to the year 2017. In the initial moments of a technology, its growth occurs irregularly and because there is little installed capacity, any added value can cause jumps in the percentage variations from one year to another, that is, its growth still does not follow a sustainable standard, which should be regularized around the year 2025, following the worldwide trend of growth of approximately 30% each year. As a scenario for 2025, the total power of the SFVCR in Brazil will be approximately 75.6 GWp which will represent 98.3 TWh of electric energy produced by this source, considering the estimated electric energy demand for 2025 of 800 TWh, will result in the contribution of 12.3% of the energy by solar photovoltaic source.

**KEYWORDS:** Photovoltaic Solar Energy, Energy Scenario, Installed Capacity.

## 1 | INTRODUÇÃO

A partir de 2012, com a Resolução Normativa nº 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a energia solar fotovoltaica passou a figurar como uma importante opção de produção de energia elétrica de forma limpa e sustentável. Especialmente, os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica (SFVCR) possuem total aproveitamento da energia gerada por não necessitar de equipamentos armazenadores de energia, tais como as baterias. Os SFVCR utilizam a concessionária como fornecedora em horários sem produção e como armazenadora em horários de alta produtividade (TONIN,2017; SCOLARI e URBANETZ, 2018).

O crescimento da utilização dos SFVCR no Brasil se deu de forma tímida nos primeiros anos, seguido de um crescimento expressivo nos anos seguintes. Este crescimento foi de tal intensidade que superou as expectativas feitas em relação a geração distribuída pela ANEEL em sua Nota Técnica nº 0056/2017-SRD. O valor real da potência instalada até o dia 31/07/2018, data de corte definida para análise do artigo, foi superior à prevista para o ano inteiro (ANEEL, 2017a, b, c). É importante salientar que no ano de 2017, ano da publicação da Nota Técnica, também foi ultrapassado o valor de potência instalada previsto para micro e mini geração fotovoltaica amparados pela Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL.

Devido às inconsistências dos estudos anteriormente citados, torna-se necessário e importante a realização de uma nova análise do estado atual e do crescimento desta fonte de energia que se encontra em constante expansão.

## 2 | OBJETIVO

O presente artigo tem a finalidade de apresentar a capacidade instalada atual dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica (SFVCR) no Brasil. O estudo

apresentado engloba tanto a mini e micro geração, amparadas pela Resolução Normativa nº 482/2012, quanto a geração centralizada.

A fim de caracterizar o cenário atual brasileiro são demonstrados os dados de energia produzida anualmente, quanto esta energia representa percentualmente na matriz energética brasileira e a proporção desta fonte frente as demais fontes geradoras de energia elétrica no país.

Posteriormente, através de uma análise crítica e cuidadosa dos dados atuais e das previsões, é apresentado um possível cenário com as estimativas para os anos seguintes até o ano de 2025.

### 3 | MÉTODO

Para o desenvolvimento desta pesquisa serão utilizados dados dos SFVCRs disponibilizados pela ANEEL no Banco de Informações de Geração (BIG) e nos relatórios sobre as Unidades Consumidoras com Geração Distribuída cadastradas como micro ou mini geração, além de relatórios da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) que apresentam cenários de consumo de energia elétrica no Brasil para os próximos anos.

Com base nestas informações são apresentados gráficos com os dados compilados, expondo o cenário atual da energia solar fotovoltaica no Brasil, de maneira a entender como ocorre o desenvolvimento desta tecnologia no país.

Na formação do cenário futuro é considerado uma previsão de potência instalada com base no crescimento atual. Posteriormente, para uma expectativa de produção de energia condizente com a potência esperada, sabendo-se que o YIELD anual no território brasileiro varia de 1.100 kWh/kWp a 1.800 kWh/kWp (PEREIRA et al, 2017), foi atribuído um YIELD anual de 1.300 kWh/kWp a fim de obter um valor estimado de energia que será produzido em cada ano analisado. Estes valores, juntamente com as previsões totais de carga no Brasil nos estudos da EPE, resultarão nos percentuais da participação da energia produzida por esta fonte na demanda anual do país.

### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para início desta análise torna-se importante perceber que o aumento da quantidade de SFVCRs no país não ocorreu espontaneamente. Este foi impulsionado pela Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL que regulamentou o sistema de compensação de energia, similar ao net metering. Aliado a este fato, o aumento massivo de estudo e informação neste tema contribuiu para a criação de incentivos governamentais e o desenvolvimento científico acerca de temas relacionados, como geração de energia limpa e sustentável. Estes progressos são extremamente relevantes para toda a sociedade brasileira.

A capacidade instalada de SFVCRs de mini e micro geração tem triplicado, como

é mostrado no gráfico da Figura 1, levando-se em consideração a potência instalada desde 2012, ano em que surgiu a possibilidade de geração distribuída. Apesar da geração distribuída englobar outras fontes energéticas além da fotovoltaica, esta última é a que possui maior influência no montante de geração distribuída devido a sua baixa manutenção de operação e relativa facilidade de instalação.

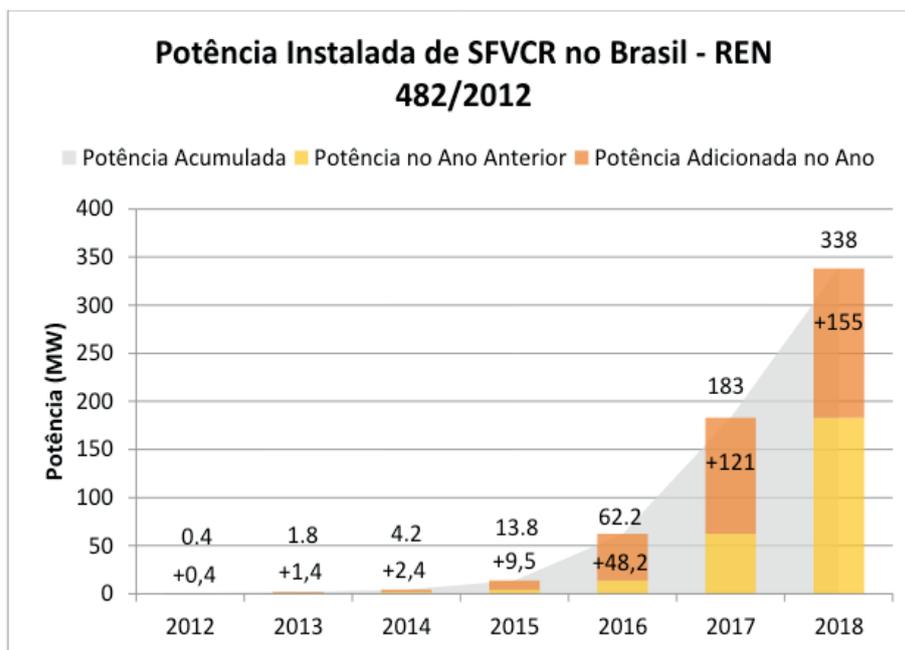


Figura 1 - Evolução da potência instalada de micro e mini geração fotovoltaica no Brasil. Fonte: Dados compilados pelos autores com base em (ANEEL, 2017b).

Por sua vez, nas usinas de geração centralizada o aumento da potência instalada é mais irregular, dado que está vinculado a existência dos leilões de energia por parte do governo federal. Ocorreu um grande aumento destas usinas no ano de 2017, resultando em um impacto na potência total superior ao da geração distribuída. Esta mudança abrupta no ano de 2017 está explicitada no gráfico da Figura 2.

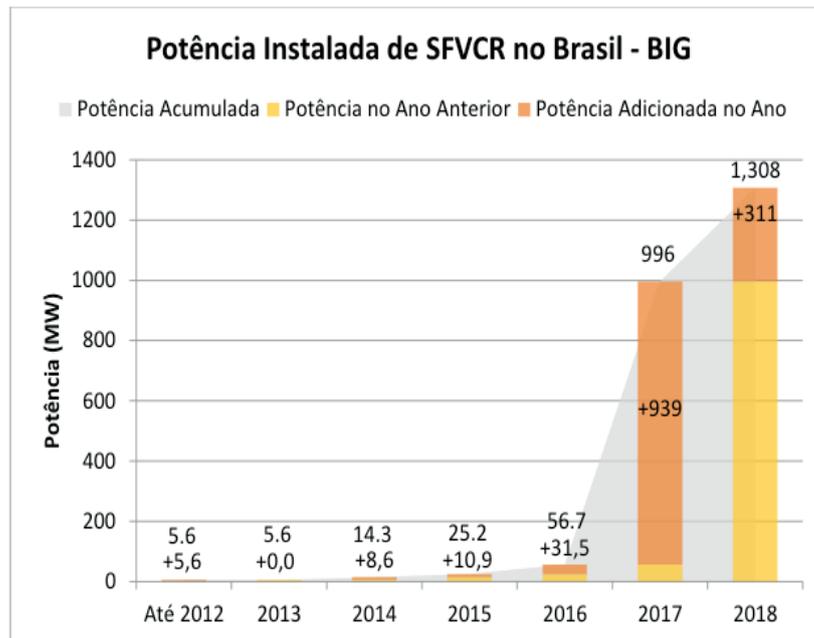


Figura 2 - Evolução da potência instalada na geração fotovoltaica centralizada no Brasil. Fonte: Dados compilados pelos autores com base em (ANEEL, 2017c).

Com a junção destes dois gráficos pode-se obter a situação atual desta fonte de energia, observada no gráfico da Figura 3. O valor da capacidade adicionada de SFVCRs apresentado para o ano de 2018 refere-se até a data de 31/07/2018, resultando em uma potência instalada total no Brasil, até esta data, de 1,65 GWp.

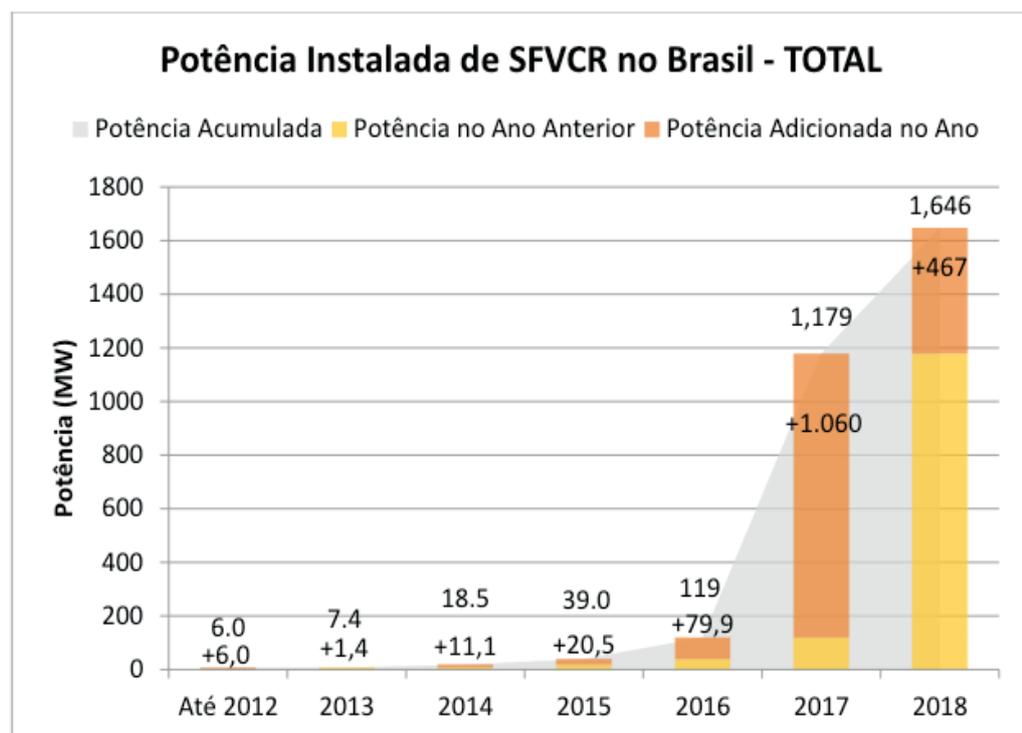


Figura 3 - Evolução da potência instalada fotovoltaica no Brasil. Fonte: Dados compilados pelos autores com base em (ANEEL, 2017b, c).

Segundo ANEEL, (2017b), a potência total instalada no Brasil, englobando todas as fontes geradoras de energia elétrica, é de 159,97 GW. Considerando a potência

instalada de SFVCRs, esta resulta em aproximadamente 1% em relação à potência instalada de fontes geradoras de energia elétrica conectadas ao Sistema Interligado Nacional (SIN).

Um conceito importante a ser definido neste momento do estudo é a diferenciação de percentual de potência instalada e percentual de energia fornecida para a matriz elétrica. Em 2017, a quantidade ofertada de energia elétrica no SIN foi de 624,3 TWh. Deste valor, 832 GWh foi gerado pelos sistemas fotovoltaicos, o que representou aproximadamente 0,13% do total (MME, 2018).

O ano de 2018, apesar de estar ainda em curso, também apresenta um aumento considerável no valor da potência fotovoltaica adicionada.

A Figura 4 apresenta a participação percentual da energia elétrica disponibilizada no Brasil no ano de 2017 por tipo de fonte.

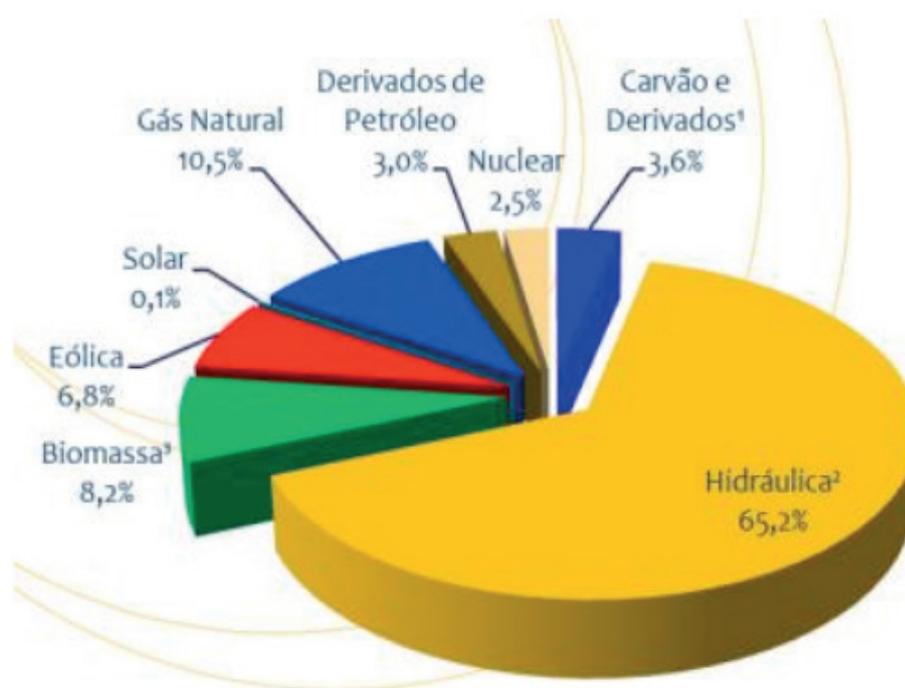


Figura 4 - Distribuição percentual da energia elétrica no Brasil por tipo de fonte. Fonte: (MME, 2018).

Como observado na Figura 4, o percentual de utilização da energia solar fotovoltaica ainda é pouco significativo na matriz elétrica brasileira em relação à outras fontes, tais como hidrúlica e térmica. Com isto, a energia solar fotovoltaica possui grande potencial de crescimento no país.

A partir da data de 31/07/2018 os valores ilustrados correspondem a um possível cenário para a energia solar fotovoltaica no Brasil.

O aumento da energia solar fotovoltaica no Brasil, como se pode observar nos gráficos das Figuras 1, 2 e 3, que relatam o cenário atual, ainda não segue um padrão fixo ou um crescimento sustentável. Observa-se grandes variações nos percentuais de crescimento ao longo dos anos, tanto nos sistemas de geração distribuída como nas

usinas. Este fato é mais visível na geração centralizada, pois quando são construídas usinas de grande porte, como de 2016 para 2017, a quantidade adicionada de potência tem um grande salto em relação ao ano anterior.

Essa característica de crescimento irregular, aparentemente imprevisíveis da energia solar fotovoltaica no Brasil pode ser explicada devido a esta tecnologia ter sido recentemente regulamentada. Nos momentos iniciais, qualquer valor adicionado de potência causa grande variação no valor total. Por isso, ocorrem os saltos observados nos gráficos, que correspondem a variações percentuais acentuadas de um ano para outro.

Porém, em âmbito mundial, a tecnologia já segue estabelecida e com crescimento estável. O percentual adicionado da potência instalada anualmente segue em torno de 30% em relação ao valor anterior (REN21, 2018). A tendência é que ao longo dos anos os países nos quais a tecnologia ainda está iniciando atinjam esse percentual de crescimento sustentável.

Particularmente, no Brasil, o percentual de crescimento ainda é bem elevado por ter baixa potência instalada em seu território. Porém, a medida em que a energia solar fotovoltaica no Brasil vai ganhando representatividade frente ao parque energético, seu crescimento passará a se estabilizar, seguindo a tendência mundial. Desta forma, é esperado que o percentual diminua gradativamente para os anos seguintes, até chegar em 2025. No gráfico da Figura 5 é mostrado o valor estimado de potência instalada no Brasil até 2025 e o quanto seria adicionado anualmente.

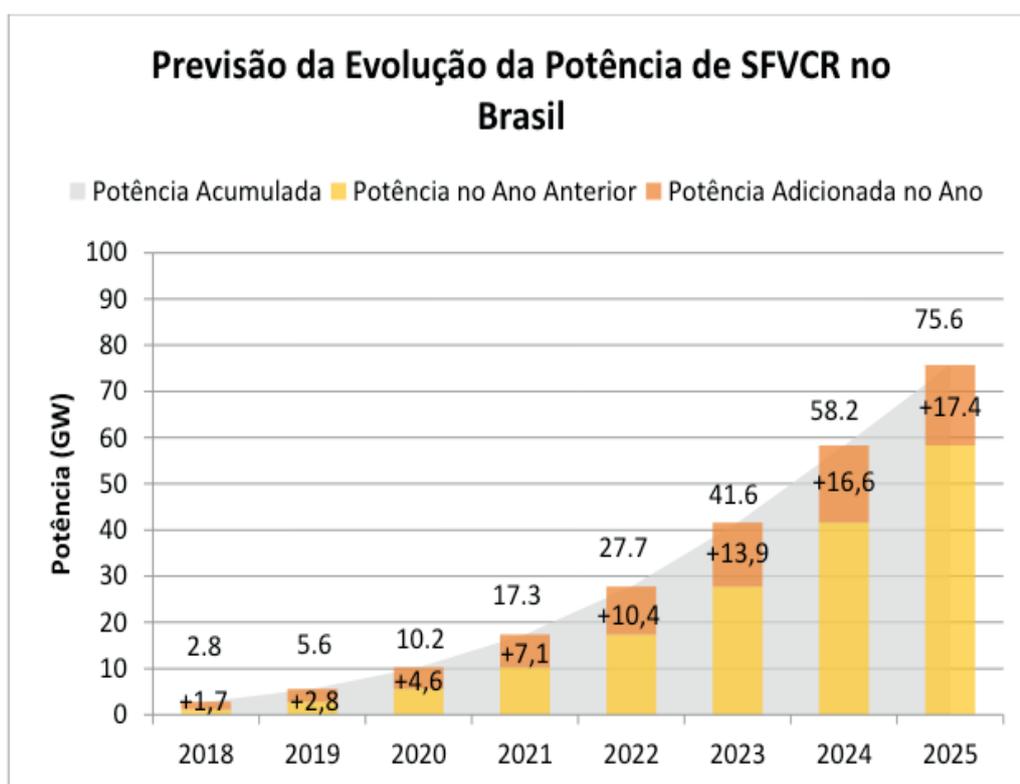


Figura 5 - Cenário de previsão da evolução do total de SFVCR no Brasil no horizonte 2025. Fonte: Autoria própria.

No gráfico da Figura 5 é projetada uma potência instalada no Brasil para os SFVCRs de 75,6 GWp em 2025. Com isso, utilizando-se um YIELD médio de 1.300 kWh/kWp.ano atribuído neste estudo, obtém-se o valor de energia a ser produzida naquele ano, resultando em 98,3 TWh de energia elétrica.

Segundo TIEPOLO et al, (2017), a estimativa da energia elétrica que será demandada pelo país em 2025 será em torno de 800 TWh. Se deste montante de energia, 98,3 TWh for produzida pela energia solar fotovoltaica, isso representará 12,3% do total de energia elétrica demandada no país naquele ano, uma parcela expressiva, porém factível de ser atingida. Entretanto, com o aumento expressivo de demanda, a produção de energia também deve aumentar na mesma proporção. Devido ao seu grande potencial de crescimento, a energia solar fotovoltaica deve ser considerada como uma opção extremamente viável de fornecimento de energia elétrica.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do desenvolvimento deste trabalho foi possível caracterizar o panorama atual e criar um cenário com a previsão até o ano de 2025 dos SFVCRs no Brasil.

Atualmente, nota-se que a capacidade instalada de SFVCRs de mini e micro geração tem aumentado de maneira regular, enquanto que nas usinas de geração centralizada o aumento da potência instalada é mais descontínuo. Portanto, o crescimento da energia solar fotovoltaica no Brasil, representado pela soma das capacidades de SFVCRs de mini e micro geração e usinas de geração centralizada, ainda não segue um padrão fixo ou um crescimento sustentável. Esse cenário é justificado por tratar-se de uma tecnologia nova e recentemente regulamentada.

Outro aspecto relevante deste estudo, foi identificar que as previsões de crescimento dos SFVCRs no Brasil divulgadas pelos órgãos oficiais brasileiros foram superadas, principalmente nos anos de 2016 e 2017, ano em que não só atingiu a marca de 1 GWp de capacidade instalada, como também neste mesmo ano foi adicionado mais de 1 GWp como observa-se no gráfico da Figura 3.

No que diz respeito à previsão do crescimento de SFVCR no Brasil, espera-se que com o amadurecimento dessa tecnologia o crescimento da potência instalada torne-se relativamente estável. Apesar da pouca expressividade da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira atual, essa fonte possui grande potencial de crescimento no país. A previsão realizada indica que a energia proveniente dessa fonte poderá alcançar em torno de 12,3% da energia elétrica total demandada em 2025 no Brasil.

## REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 2017a. **Nota Técnica nº 0056/2017-SRD/ANEEL – Atualização das Projeções de Consumidores Residenciais e Comerciais com microgeração solar fotovoltaicos no horizonte 2017- 2024**, Brasília. Disponível em: < [http://www.aneel.gov.br/documents/656827/15234696/Nota+T%C3%A9cnica\\_0056\\_PROJE%C3%87%C3%95ES+GD+2017/38cad9ae-71f6-8788-0429-d097409a0ba9](http://www.aneel.gov.br/documents/656827/15234696/Nota+T%C3%A9cnica_0056_PROJE%C3%87%C3%95ES+GD+2017/38cad9ae-71f6-8788-0429-d097409a0ba9)>. Acesso em: 05/08/2018.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 2017b. **Outorgas e Registros de Geração: Unidades Consumidoras com Geração Distribuída**. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/gd.asp> >. Acesso em: 10/08/2018.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 2017c. **Banco de Informações de Geração (BIG)**. Disponível em :< <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm> >. Acesso em: 10/08/2018.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Balço Energético Nacional 2018: Relatório Síntese: Ano Base 2017**. Disponível em < <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-397/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%202018-ab%202017vff.pdf> > Acesso em: 12/08/2018.

PEREIRA, E. B., MARTINS, F. R., GONÇALVES, A. R., COSTA, R. S., LIMA, F. J. L., RUTHER, R., ABREU, S. L., TIEPOLO, G. M., PEREIRA, S. V., SOUZA, J. G. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos, 2017.

REN21, Renewables 2018 - **Global Status Report**. Disponível em < [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652\\_GSR2018\\_FullReport\\_web\\_final\\_.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_final_.pdf) > Acesso em: 06/08/2018.

SCOLARI, B.; URBANETZ JR, J. **Panorama dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica amparados pela REN nº482/2012 da ANEEL no Brasil**. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar – VII CBENS, Gramado, 2018.

TIEPOLO, G. M., PEREIRA, E. B., URBANETZ JR. J., PEREIRA, S. V., GONÇALVES, A. R., LIMA, F. J. L., COSTA, R. S., ALVES, A. R. **Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná**. Curitiba, 2017.

TONIN, F. S. **Caracterização de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica na Cidade de Curitiba**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Energia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, 2017.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

AIS 10, 13  
Ajustes de proteção 22, 28, 34, 103  
Alocação de Recursos 161  
Anarede 48, 49, 52, 54, 60  
Anuidades 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20

### B

BAR 10, 225  
Biodiesel 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47  
BRR 10

### C

CAIMI 10, 12, 13, 15, 19  
Capacidade Instalada 1, 2, 3, 8  
Célula combustível 190, 191, 192, 196  
Cenário Energético 1  
Chave fusível 96, 98, 110, 114  
Chaves Automáticas 161, 162, 163, 164, 167, 168, 171  
Comunidades isoladas 36, 38  
Confiabilidade 20, 22, 24, 27, 49, 50, 53, 60, 84, 90, 121, 130, 136, 139, 145, 161, 162, 163, 165, 166, 167, 171, 172, 174, 192, 243  
Continuidade do Fornecimento 108, 163  
Conversor Boost 190  
Conversores 147, 148, 175, 176, 190, 191, 192, 201, 203, 204, 209, 248, 249, 252, 258, 259, 260  
Conversores conectados à rede 147  
Custo operacional 15, 96, 102

### D

DEC 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 100, 101, 105, 106, 107, 111, 119, 164, 171  
Densidade de Corrente 193, 196, 197, 198, 200, 201, 203, 205, 211, 213, 214, 248, 252, 256  
Descargas atmosféricas 89, 90, 92, 93, 94  
Desgaste de Contatos 128, 131

### E

Energia Solar Fotovoltaica 1, 2, 3, 6, 7, 8, 61

### F

Filtro LCL 147, 148, 149  
Fluxo de Potência 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 148  
Frequência 90, 97, 140, 147, 148, 151, 156, 163, 164, 175, 176, 177, 178, 181, 184, 185, 187, 191, 193, 196, 200, 201, 203, 204, 205, 207, 208, 209, 212, 216, 250, 251, 252, 260

## G

Geração de energia 3, 36, 38, 43, 45, 46, 263

Geração Distribuída 2, 3, 4, 6, 9, 61, 62, 64, 65, 72, 73, 161, 162, 167, 172

## I

Ilhamento de Geração Distribuída 161

Indicadores de Qualidade de Serviço 108, 118

Índices operacionais 89, 94

Interrupções 89, 90, 91, 92, 93, 94, 105, 106, 108, 118, 120, 134, 135, 163

Isolamento 124, 130, 139, 144, 164, 206, 207, 235, 238, 245

## M

Manutenção Preditiva 128, 129, 136

Monitoramento de Disjuntor 128

Monitoramento Digital 108

Monitoramento On-line 128, 129

## N

NERC PRC-027-1 21, 22

Núcleos Magnéticos 203, 252, 253, 257

## O

Otimização por enxame de partículas 147, 148, 152

## P

Perdas 48, 49, 50, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 142, 146, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 203, 204, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 249, 250, 251, 252, 254, 255, 256, 257, 258

Perdas Técnicas 48, 49, 50, 52, 53, 55, 57, 58, 60

Proteção de Sistemas Elétricos 21, 22

PSS Sincal 21, 22, 30, 31, 32, 35

## Q

Qualidade de Energia 96, 97, 107, 108, 109, 121

## R

Religador monofásico 96, 98, 99, 105

Rendimento 142, 143, 145, 176, 184, 186, 187, 190, 192, 193, 199, 200, 201, 248, 249, 252, 259

Resolução Normativa ANEEL N° 482/2012 61

## S

Siguard PSA 21, 22, 30, 31, 33

## T

Tecnologia PRE 89

Transformador a óleo 139, 141, 145

Transistores de potência 175, 177

## V

Vísceras de peixes 36, 43, 46

Volume 43, 57, 141, 188, 191, 193, 196, 199, 202, 203, 204, 207, 210, 211, 213, 214, 215, 216, 228, 250

