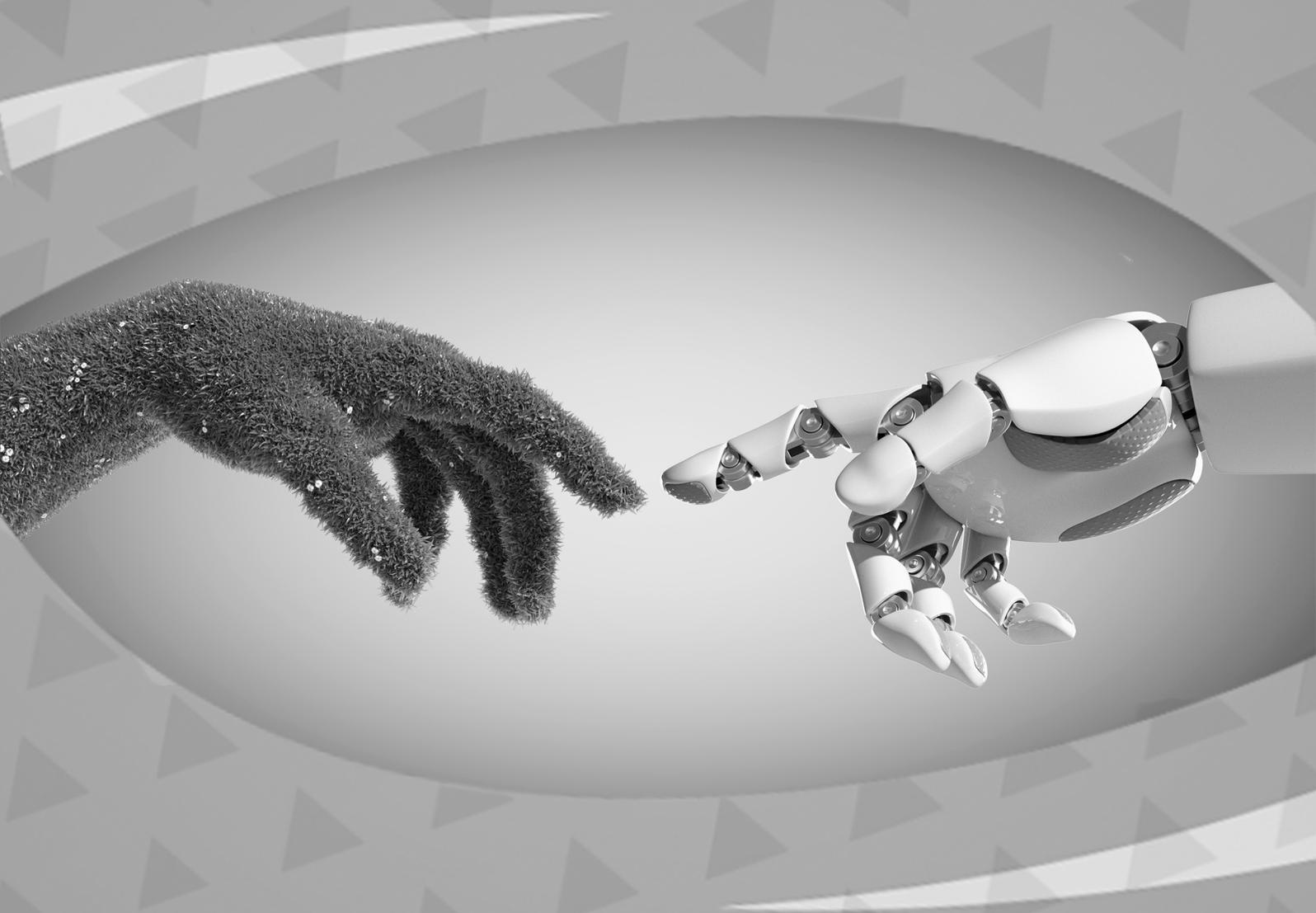


**Franciele Braga Machado Tullio  
Leonardo Tullio  
(Organizadores)**



# **As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 5**

**Franciele Braga Machado Tullio  
Leonardo Tullio  
(Organizadores)**



# **As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 5**

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:** Lorena Prestes

**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

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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

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

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. 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

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 – 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  
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. 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  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
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  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
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 Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **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. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
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  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
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 Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 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. Lilian 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. Me. 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. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	<p>As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 5 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Leonardo Tullio. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader            Modo de acesso: World Wide Web            Inclui bibliografia            ISBN 978-65-5706-087-2            DOI 10.22533/at.ed.872200806</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Tullio, Leonardo.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

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

## APRESENTAÇÃO

A obra “As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 5” contempla vinte e um capítulos em que os autores abordam as mais recentes pesquisas e inovações aplicadas nas mais diversas áreas da engenharia.

Pesquisas na área de engenharia elétrica trazem informações sobre transmissão, geração de energia, bem como, pesquisas visando a sustentabilidade e eficiência energética.

São apresentados trabalhos referentes a robótica, demonstrando estudos sobre ferramentas que visam a construção de equipamentos que auxiliam as pessoas a executar determinadas atividades de forma autônoma.

O estudo sobre materiais e seu comportamento auxiliam na compreensão sobre suas propriedades, o que permite a utilização em diversas áreas.

Estudos sobre urbanização, influência do vento na estrutura de edificações, conforto térmico e saneamento também são objetos desta obra.

Esperamos que esta obra promova ao leitor o desejo de desenvolver ainda mais pesquisas, auxiliando na constante transformação tecnológica que a sociedade vem sofrendo, visando a melhoria da qualidade do meio ambiente e economia. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio  
Leonardo Tullio

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A EXPERIENCIA DA CHESF NA REPOTENCIAÇÃO DAS UNIDADES GERADORAS DA HIDRELÉTRICA PAULO AFONSO II	
Emmanuel Moura Reis Santos Edson Guedes da Costa Luiz Antônio Magnata	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8722008061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>11</b>
AVALIAÇÃO DO MODELO DE EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ADOTADO NO BRASIL DESAFIOS E OPORTUNIDADES DE APRIMORAMENTO	
João Carlos de Oliveira Mello Evelina Maria de Almeida Neves Dalton Oliveira Camponês do Brasil Eduardo Nery Thais Prandini	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8722008062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
MEDIÇÕES DE CAMPO ELÉTRICO EM INSTALAÇÕES DE CORRENTE CONTÍNUA – DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE MEDIÇÃO PARA ATENDIMENTO AOS LIMITES DEFINIDOS PELA ANEEL	
Athanasio Mpalantinos Neto Carlos Ruy Nunez Barbosa Luís Adriano de Melo Cabral Domingues Paulo Roberto Gonçalves de Oliveira Rafael Monteiro da Cruz Silva Júlio César A. de Aguiar	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8722008063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>35</b>
AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO NO VIÉS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DOS PLANOS ENERGÉTICOS REFERENCIAIS DO SETOR ELÉTRICO DAS NAÇÕES	
Flavio Minoru Maruyama Andre Luiz Veiga Gimenes Luiz Claudio Ribeiro Galvão Miguel Edgar Morales Udaeta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8722008064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>49</b>
CONSTRUÇÃO DE TURBINA DE TESLA E VALIDAÇÃO DE MODELO TEÓRICO	
Lucas Vinicius Capistrano de Souza Leonardo Haerter dos Santos Jader Flores Schmidt Moises da Silva Pereira Agnaldo Rosso	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8722008065</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 64**

DIMINUIÇÃO DOS CUSTOS DE MANUTENÇÃO COM A SUBSTITUIÇÃO DE BATERIAS POR SUPERCAPACITORES

Lourival Lippmann Junior  
Rafael Wagner  
Carlos Ademar Purim  
Francisco José Rocha de Santana

**DOI 10.22533/at.ed.8722008066**

**CAPÍTULO 7 ..... 75**

O FUTURO DAS TÉRMICAS NA MATRIZ BRASILEIRA – PRÁTICAS E FUNDAMENTOS

João Carlos de Oliveira Mello  
Thaís Melega Prandini  
Marcelo Ajzen  
Xisto Viera Filho  
Edmundo Pochman da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.8722008067**

**CAPÍTULO 8 ..... 88**

UMA VISÃO DE MERCADO NA GESTÃO DE RISCOS DE CONSUMIDORES ELETROINTENSIVOS - MELHORES PRÁTICAS

João Carlos de Oliveira Mello  
Camila Câmara Lourenço  
Rodrigo Viana  
Rogério Catarinacho  
Nicolas Jardin Jr

**DOI 10.22533/at.ed.8722008068**

**CAPÍTULO 9 ..... 101**

CONTROLE SIMPLES E ROBUSTO PARA MANIPULADORES ROBÓTICOS ATRAVÉS DO MOVEIT

Kaike Wesley Reis  
Rebeca Tourinho Lima  
Marco Antonio dos Reis

**DOI 10.22533/at.ed.8722008069**

**CAPÍTULO 10 ..... 109**

DOOGIE MOUSE: UMA PLATAFORMA OPEN SOURCE PARA APLICAÇÃO DE ALGORITMOS INICIAIS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM ROBÓTICA MÓVEL

Caio Alves Amaral  
Mateus dos Santos Meneses  
Marco Antonio dos Reis

**DOI 10.22533/at.ed.87220080610**

**CAPÍTULO 11 ..... 118**

SEISMIC IMAGING USING FPGA APPLIED FOR REVERSE TIME MIGRATION

Joaquim Ranyere Santana de Oliveira  
João Carlos Nunes Bittencourt  
Deusdete Miranda Matos Junior  
Anderson Amorim do Nascimento  
Laue Rami Souza Costa de Jesus  
Georgina Gonzalez Rojas  
Rodrigo Carvalho Tutu  
Wagner Luiz Alves de Oliveira  
Silvano Moreira Junior

**DOI 10.22533/at.ed.87220080611**

**CAPÍTULO 12 ..... 127**

LOCALIZAÇÃO DE ROBÔS MÓVEIS EM AMBIENTE INTERNOS USANDO MARCOS FIDUCIAIS

Gabriel da Silva Santos  
Etevaldo Andrade Cardoso Neto  
Marco Antonio dos Reis

**DOI 10.22533/at.ed.87220080612**

**CAPÍTULO 13 ..... 136**

AValiação DE NANOPARTÍCULAS DE AMIDO COMO ADITIVO A LUBRIFICANTES

Matheus Gonçalves Leão de Oliveira  
Pollyana Grazielle Luz da Rocha  
Paulo Vitor França Lemos  
Denilson de Jesus Assis  
Adelson Ribeiro de Almeida Júnior  
Jania Betânia Alves da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.87220080613**

**CAPÍTULO 14 ..... 146**

UTILIZAÇÃO DE COATINGS DE QUITOSANA NA CONSERVAÇÃO DE TOMATES (*Solanum lycopersicum*)

Luciano Pighinelli  
Anderson Rockenbach  
Pamela Persson  
Renata Cardoso Pospichil

**DOI 10.22533/at.ed.87220080614**

**CAPÍTULO 15 ..... 156**

ANÁLISE METALOGRAFICA DA MICROESTRUTURA E MICRODUREZA DO AÇO AISI 1050 USADO NA HASTE DE DIREÇÃO DE UMA MÁQUINA AGRÍCOLA DA SÉRIE 8R

Vagner dos Anjos Costa  
Fábio Santos de Oliveira  
Sílvio Leonardo Valença  
Gabriela Oliveira Valença  
Paulo Henrique de Souza Viana  
João Vítor Chaves Cordeiro

**DOI 10.22533/at.ed.87220080615**

<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>165</b>
EFICIÊNCIA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM UMA INDÚSTRIA DE GALVANOPLASTIA NA CIDADE DE JUAZEIRO DO NORTE-CE	
<a href="#">Petronio Silva de Oliveira</a> <a href="#">José Laécio de Moraes</a> <a href="#">Francisco Evanildo Simão da Silva</a> <a href="#">Francisco Thiciano Rodrigues de Assis</a> <a href="#">Edyeleen Mascarenhas de Lima</a> <a href="#">Anderson Lima dos Santos</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87220080616</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>176</b>
ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO LUCAIA, SALVADOR-BA	
<a href="#">José Orlando Oliveira Moura Júnior</a> <a href="#">Nicole Caroline B. Santos Xavier</a> <a href="#">Thayna Santana de Lima</a> <a href="#">Alexandre Boleira Lopo</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87220080617</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>182</b>
QUALIDADES DO URBANO	
<a href="#">Franklin Soldati</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87220080618</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>199</b>
ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DE CONFORTO TÉRMICO E DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM UNIDADE DE SAÚDE	
<a href="#">Gabriela Regina Rosa Galiassi</a> <a href="#">Ana Clara Alves Justi</a> <a href="#">Gabriel Henrique Justi</a> <a href="#">Maribel Valverde Ramirez</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87220080619</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>215</b>
ANÁLISE DE VIBRAÇÕES INDUZIDAS PELO VENTO EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS	
<a href="#">Neilton dos Santos Seguins Costa</a> <a href="#">Vilson Souza Pereira</a> <a href="#">Dalmo Inácio Galdez Costa</a> <a href="#">Paulo César de Oliveira Queiroz</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87220080620</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>226</b>
TRANSPORTE DE CROMO (CR <sup>+3</sup> ) E NÍQUEL (NI <sup>+2</sup> ) EM CAMADA DE SOLO COMPACTADA	
<a href="#">Leonardo Ramos da Silveira</a> <a href="#">Newton Moreira de Souza</a> <a href="#">André Luis Brasil Cavalcante</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87220080621</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>241</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>242</b>

## DIMINUIÇÃO DOS CUSTOS DE MANUTENÇÃO COM A SUBSTITUIÇÃO DE BATERIAS POR SUPERCAPACITORES

Data de aceite: 02/06/2020

**Lourival Lippmann Junior**

- LACTEC

**Rafael Wagner**

- LACTEC

**Carlos Ademar Purim**

- LACTEC

**Francisco José Rocha de Santana**

- GRUPO NEOENERGIA

**RESUMO:** É apresentado o resultado do desenvolvimento de uma alternativa para alimentação contínua de equipamentos eletroeletrônicos de forma autossustentável, com vida útil superior a 20 anos e livre de manutenção, utilizando supercapacitores. Um problema para as empresas de energia elétrica é a manutenção de sistemas operando com baterias, pois frequentemente estas apresentam vida útil limitada. As trocas de baterias acarretam despesas de: materiais, mão-de-obra, uso de veículo, combustível e tempo de deslocamento. A viabilidade técnica de supercapacitores ficou comprovada em testes de campo. A viabilidade econômica pode ser comprovada pela redução de despesas em viagens a campo para manutenção.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energy Harvesting, Manutenção, Smart Grid, Supercapacitor, Sustentabilidade

**ABSTRACT:** This work presents the studies on development of an alternative for continuous DC supply, using supercapacitors in a sustainable way and with lifetime greater than twenty years being maintenance-free. The usage of batteries such as lead-acid is an issue for the Companies, once their lifetime is too short. The operation of batteries replacement in the field is of high costs, because it involves material, human resources and transportation. The technical viability of the usage of supercapacitors was proven. The economical viability can be proven by the reduction of maintenance costs.

**KEYWORDS:** Energy Harvesting, Maintenance, SmartGrids, Supercapacitor, Sustainability

### 1 | INTRODUÇÃO

Os equipamentos eletroeletrônicos utilizados na operação das concessionárias de energia devem operar mesmo em condições adversas de energização. Por isso, geralmente possuem fontes auxiliares de energia. Estas fontes auxiliares,

normalmente são oriundas de conjuntos de baterias que devem apresentar a capacidade suficiente para manter os equipamentos em seus estados de operação contínua, até o restabelecimento das fontes de energia primárias que alimentam os equipamentos eletroeletrônicos ou serviços auxiliares. Um grande problema para as empresas de energia elétrica é a manutenção das baterias responsáveis pela alimentação em corrente contínua dos equipamentos, pois as baterias apresentam vida útil de poucos anos em uso, ou o equivalente a aproximadamente 600 ciclos de carga e descarga necessitando, portanto serem substituídas a partir deste período. Em locais distantes ou de difícil acesso, este custo para troca obrigatória das baterias dos equipamentos se torna ainda mais representativo pois, além do material em si (a própria bateria), deve-se acrescentar os custos da mão de obra (homens/hora), gastos com veículo, combustível e tempo de deslocamento.

Para validar a aplicação de supercapacitores em substituição às baterias, foi desenvolvido um meio de comunicação composto por equipamentos eletrônicos capazes de funcionar com disponibilidade de 100% sem a necessidade de fonte de energia oriunda da rede elétrica. Este sistema ecologicamente correto de alimentação contínua não utiliza baterias, não necessita de manutenção, apresenta elevada confiabilidade, funcionando sob quaisquer condições atmosféricas, de dia ou de noite, com sol ou chuva ou tempo nublado, 24 horas por dia.

Os resultados práticos foram obtidos através da instalação em campo destes equipamentos autossustentáveis desenvolvidos. A viabilidade técnica ficou comprovada a partir dos registros de medição contínua, obtidos pela observação durante meses e sob diversas condições atmosféricas. Foi verificado não somente o funcionamento dos equipamentos eletroeletrônicos em si, mas também os níveis de carga e recarga dos supercapacitores, que não fizeram uso durante todo o período de testes de nenhuma fonte de energia elétrica da rede. Ou seja, são dispositivos autossustentáveis. A viabilidade econômica é comprovada pela redução nos custos de troca de baterias em campo, pois os supercapacitores apresentam elevada vida útil, aproximadamente 10 vezes maior que a das baterias tradicionais.

Neste trabalho foi utilizado o conceito de “Energy Harvesting”, no qual toda a energia necessária para o funcionamento de um sistema é retirada do meio ambiente de forma autossustentável e ecologicamente correta, pois os supercapacitores não fazem uso de materiais nocivos ao meio ambiente.

## 2 | DESENVOLVIMENTO

A metodologia utilizada neste desenvolvimento se baseou na utilização de supercapacitores de camada dupla tipo EDLC (Electrochemical Double Layer Capacitors) e células fotovoltaicas monocristalinas encapsuladas em vidro. Os supercapacitores (ou ultracapacitores) de camada dupla armazenam energia eletrostaticamente polarizando uma solução eletrolítica. Os capacitores convencionais separam suas placas com material dielétrico tipo plástico, papel ou filme cerâmico. Quanto mais fino é o dielétrico, maior área

pode ser criada dentro de um mesmo volume. Por outro lado, é a espessura do dielétrico que limita a superfície e, portanto, limita a capacitância máxima alcançada por volume. Os supercapacitores criam sua área de placa através de materiais com carbono poroso. A estrutura altamente porosa deste material faz com que sua área atinja cerca de 2000 metros quadrados por grama, várias vezes maior que as placas utilizadas nos capacitores convencionais. Nos supercapacitores, a separação entre as cargas é determinada pelo tamanho dos íons no eletrólito, que são atraídos para os eletrodos. Esta separação de carga costuma ser de somente 10 angstroms ( $10 \times 10^{-10}$  m), o que é muito menor do que a espessura dos dielétricos utilizados nos capacitores convencionais. Esta combinação de área muito grande com a baixíssima separação de cargas é o segredo que permite a construção dos supercapacitores.

Neste projeto, foi desenvolvido um sistema autossustentável para alimentação de energia contínua, 24 horas por dia, para roteadores de comunicação com vida útil elevada, acima de 20 anos, sem a necessidade de manutenção. O cálculo da energia necessária e a escolha criteriosa de componentes gerou um sistema de roteadores de comunicação para ambientes de Redes Elétricas Inteligentes (Smart Grids) capazes de funcionar sem a necessidade de fonte de energia da rede elétrica.

## 2.1 O painel fotovoltaico

O painel fotovoltaico proposto foi o de tecnologia monocristalina. Em testes de laboratório, este painel se mostrou mais eficiente em baixas luminosidades em relação a outras tecnologias de painéis, o que se mostrou muito favorável para o projeto proposto, sendo possível gerar energia elétrica com a menor quantidade de luz solar disponível.

A tecnologia do painel é bem consolidada e conhecida, sendo muito vantajoso utilizar este conceito, pois elimina uma preocupação de projeto. Os elementos fotovoltaicos têm durabilidade aproximada de 25 anos, garantindo alta confiabilidade ao produto.

## 2.2 Os supercapacitores

Os supercapacitores são basicamente eletrodos de carbono porosos imersos em eletrólito e separadores, que impedem as cargas de se moverem entre eletrodos de polaridades diferentes. A Figura 1 apresenta uma ilustração da característica construtiva de um supercapacitor.

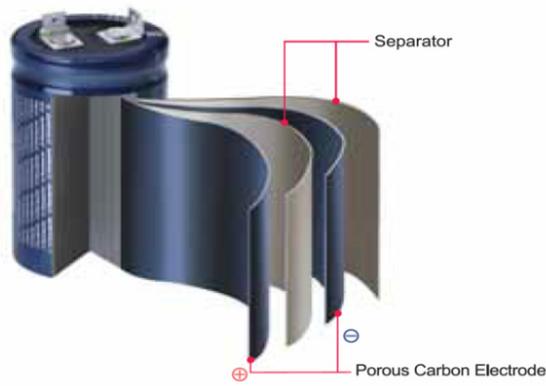


FIGURA 1 – Construção do supercapacitor.

O princípio de funcionamento de um supercapacitor é o de dupla camada, em que cargas eletrostáticas se formam na interface entre eletrodo e eletrólito, e íons distribuídos aleatoriamente se movem para as superfícies de carga oposta. Esta reação é puramente física, sem reações químicas, sendo um processo altamente reversível, resultando em alta capacidade de potência, alto número de ciclos de carga e descarga, sem a necessidade de procedimento específico de manutenção. A Figura 2 apresenta o princípio de funcionamento de um supercapacitor.

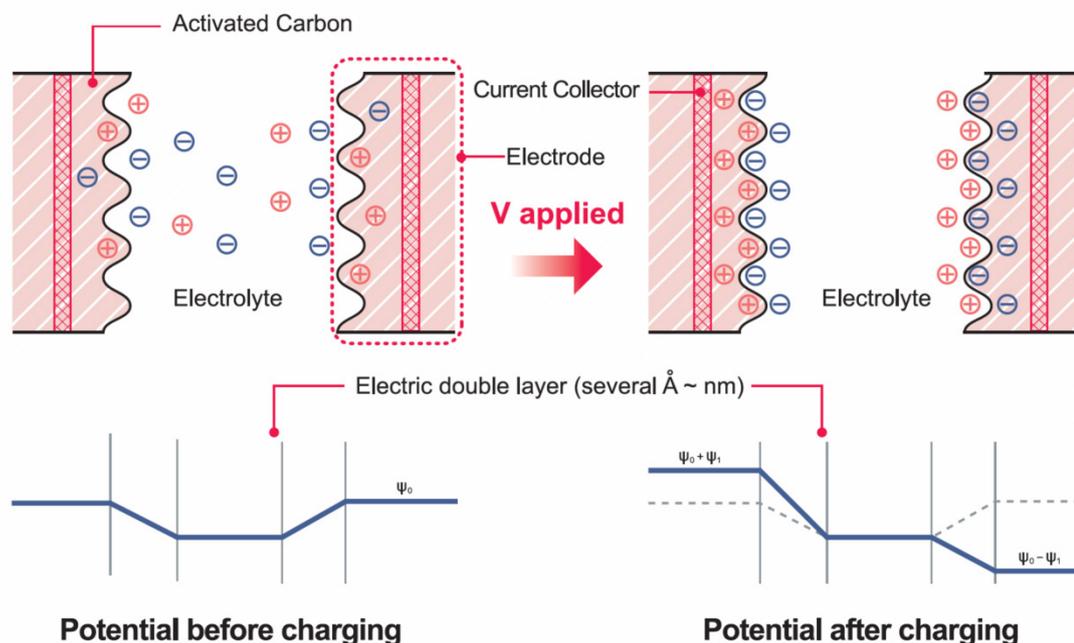


FIGURA 2 – Princípio de funcionamento do supercapacitor.

Os supercapacitores apresentam alta confiabilidade. A maioria dos fabricantes garantem uma vida útil plena de 15 anos, sendo que no final da vida útil a capacitância ainda estará em 80% da inicial, com um risco muito baixo de tornar o sistema inoperante, pois este elemento dificilmente perderá sua funcionalidade por completo.

Como ilustrado na Figura 3, a grande dificuldade na utilização dos supercapacitores

como substituto direto de baterias para alimentação contínua de componentes ou módulos eletrônicos está no fato da descarga dos supercapacitores ser extremamente linear, ou seja, a tensão fornecida não é fixa e decai continuamente em função do tempo em operação, mesmo com uma carga fixa, ao contrário das baterias em que a tensão de fornecimento permanece praticamente a mesma até o fim de sua autonomia, quando então cai bruscamente.

Pelo exposto acima, para que possa ser utilizada a energia armazenada em um supercapacitor como fonte de tensão contínua para um módulo ou componente eletrônico, é necessária a transformação deste perfil de descarga de tensão linear em um perfil semelhante ao de uma bateria.

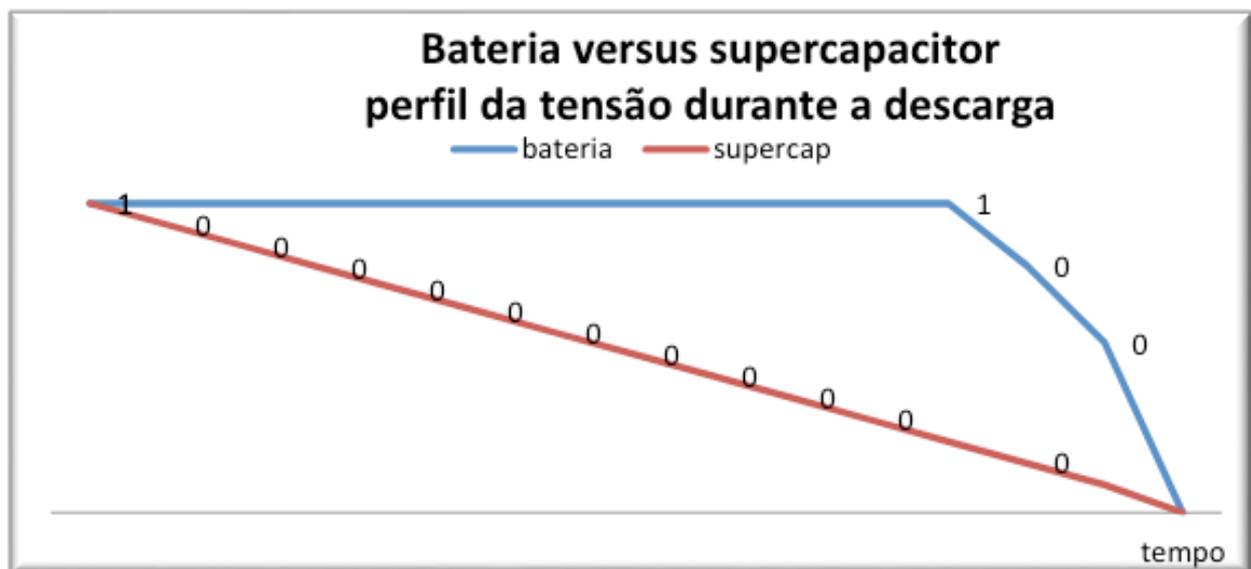


FIGURA 3 – Dificuldade para uso direto de supercapacitores como substituto de baterias.

### 2.3 Projeto eletroeletrônico

O sistema desenvolvido utiliza uma fonte solar com um carregador que funciona como um conversor DC/DC, ou seja, uma eletrônica que vai adaptar a tensão do painel solar para a tensão dos capacitores. Posteriormente ao capacitor, o sistema incorpora um conversor para manter a tensão DC regulada e constante para a aplicação. Vê-se na Figura 4 o diagrama em blocos do projeto eletroeletrônico da fonte de alimentação DC, de controle de carga e descarga do sistema com supercapacitores, e a saída regulada para a aplicação.

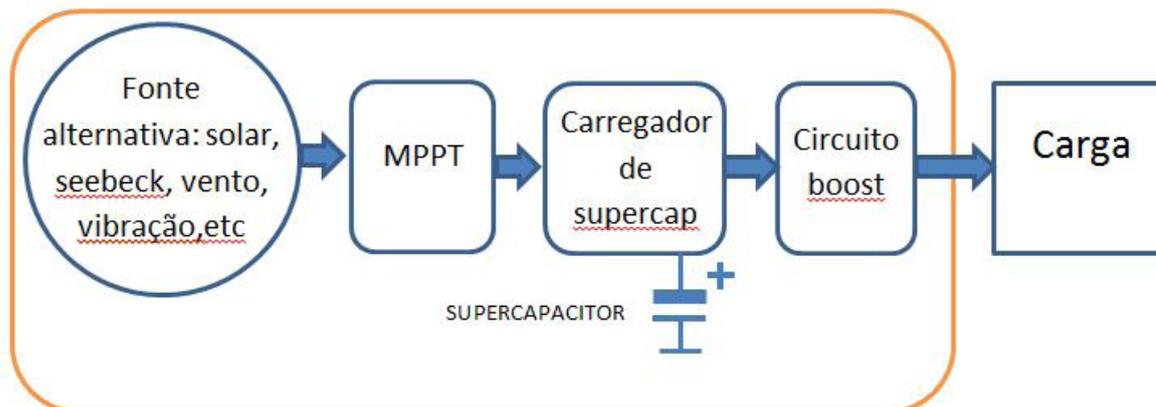


FIGURA 4 – Diagrama em blocos da fonte de energia autossustentável.

O carregador implementa o conceito de rastreamento de ponto de potência máxima (*MPPT-Maximum Power Point Tracking*). No caso desta aplicação, utiliza-se o algoritmo de tensão fixa, que funciona da seguinte maneira: o painel fotovoltaico tem uma tensão de *MPP* definida para os valores testados de radiação solar. Esta tensão varia muito pouco quando a variação de radiação solar muda. Assim sendo, como garantia se faz um circuito que sempre procura manter uma tensão fixa no barramento do painel, que é uma tensão um pouco mais baixa do que a tensão especificada, mantendo assim uma geração de energia elétrica muito próxima da ótima para o circuito. Há outras técnicas mais complexas de *MPPT*. Porém, para este nível de potência, o circuito de controle consumiria mais energia do que a vantagem que ele teria em relação ao algoritmo de tensão fixa. Este último é muito simples e com perdas de corrente elétrica próximas a zero.

O supercapacitor utilizado precisa fornecer energia suficiente para manter a carga e a aplicação operando durante toda a noite. Com dados medidos, foi constatado que um elemento que armazene energia suficiente para operar durante 17 horas seria suficiente para garantir funcionamento ininterrupto. Este cálculo foi feito com os dados de energia necessária ao sistema, por exemplo: para uma carga (rádio neste caso) alimentada por uma tensão de 3,3VDC e com consumo médio de 35mA. A fórmula de cálculo da energia acumulada necessária é apresentada abaixo:

$$E = V * I * tempo (Wh)$$

Aplicando-se os valores especificados, tem-se:

$$E = 3,3 * 0,035 * 17 = 2,0Wh$$

Para fazer o cálculo da capacitância mínima, é necessário que se saiba a faixa de tensões a ser aproveitada do capacitor. No caso do circuito implementado, é possível operar da tensão máxima definida de 2,65V até 0,7V. O circuito eletrônico opera com uma eficiência de 0,85. O cálculo da energia contendo as variáveis de capacitância (C) e de eficiência ( $\eta$ ) é apresentado a seguir:

$$E = \frac{\frac{1}{2} C * V^2 * \eta}{3600} (Wh)$$

Isolando a variável de capacitância, tem-se:

$$C = \frac{2 * 3600 * E}{(V_{max}^2 - V_{min}^2) * \eta} (F)$$

Para o sistema projetado, aplicam-se os valores e calcula-se a capacitância:

$$C = \frac{2 * 3600 * 2}{(2,65^2 - 0,7^2) * 0,85} = 2600F$$

Como o valor comercial mais próximo de supercapacitor é de 3000F, foi este que foi utilizado. Assim, garantiu-se o funcionamento do sistema com a segurança da autonomia. O conversor de tensão de saída é de extrema importância e define a eficiência com que o sistema opera. Quanto melhor é este elemento no circuito, mais poderá ser economizado em capacitor. Para o projeto, foi necessária a implementação de um *boost*, um circuito elevador de tensão que é capaz de operar com tensões de entrada muito baixas (como de 0,7V a 2,65V), conseguindo para toda a faixa regular na saída um valor de tensão constante de 3,3V. Este tipo de circuito para baixas potências seria de difícil implementação se fosse utilizada eletrônica discreta convencional, pois não seria possível alcançar a eficiência necessária. Portanto, o ideal é trabalhar com frequências de chaveamento elevadas, próximas a 1MHz, o que inviabiliza a utilização da eletrônica convencional. Neste projeto foram utilizados componentes conversores integrados que contêm a chave e os elementos de controle na mesma pastilha de silício, sendo necessário apenas um indutor externo.

A eletrônica projetada teve de possuir alto grau de confiabilidade. Como o maior benefício do projeto é a redução da necessidade de manutenção, a confiabilidade dos elementos eletrônicos deve também ser equivalente a aquela dos elementos de armazenamento. Para isso, foram feitos estudos dos componentes e suas confiabilidades, para conseguir manter uma garantia de funcionamento do circuito de, no mínimo, 15 anos.

## 2.4 Aplicação prática

O cálculo energético e a escolha criteriosa de componentes gerou um sistema de roteadores de comunicação para

ambientes de *Smart Grid*, capaz de funcionar 24 horas por dia sem a necessidade de nenhuma fonte de energia oriunda da rede elétrica. Este sistema ecologicamente correto de

alimentação contínua não utiliza baterias, não necessita manutenção, apresenta elevada disponibilidade e confiabilidade, funcionando sob quaisquer condições atmosféricas, de dia ou de noite, com sol ou chuva ou tempo nublado.

Para avaliar a funcionalidade e a utilidade prática para empresas do Setor Elétrico Brasileiro, na substituição de baterias por supercapacitores, foram montados equipamentos roteadores de comunicação sem fio para redes em malha. Uma rede de testes foi estabelecida na cidade de Curitiba/PR. Foram testadas funções de leitura remota de grandes consumidores via protocolo ABNT NBR 14522, leitura e telecomando de religadores via protocolo DNP3, comando e supervisão de pontos de iluminação pública e detecção de queda e retorno de energia (função ARGOS). Em particular para a função ARGOS (detecção de queda/retorno de energia), no evento de queda de energia, toda a energia necessária para o envio da informação ao Centro de Operação deve ser oriunda de fonte alternativa, pois a energia da rede estará indisponível naquele momento.

### 3 | RESULTADOS

O circuito eletrônico do roteador de comunicações foi implementado na prática, sendo possível fazer uma montagem extremamente compacta devido aos baixos níveis de corrente. Todos os componentes são miniaturizados e facilmente adaptados mecanicamente. As Figuras 5-(a), 5-(b) e 5-(c) são fotos do primeiro protótipo desenvolvido, mostrando os componentes internos e o invólucro em fibra de vidro. Este protótipo com invólucro anti-intempéries foi instalado no telhado do edifício sede do Lactec em Curitiba/PR, cidade que estatisticamente apresenta pouca insolação, sendo assim um bom cenário de testes.

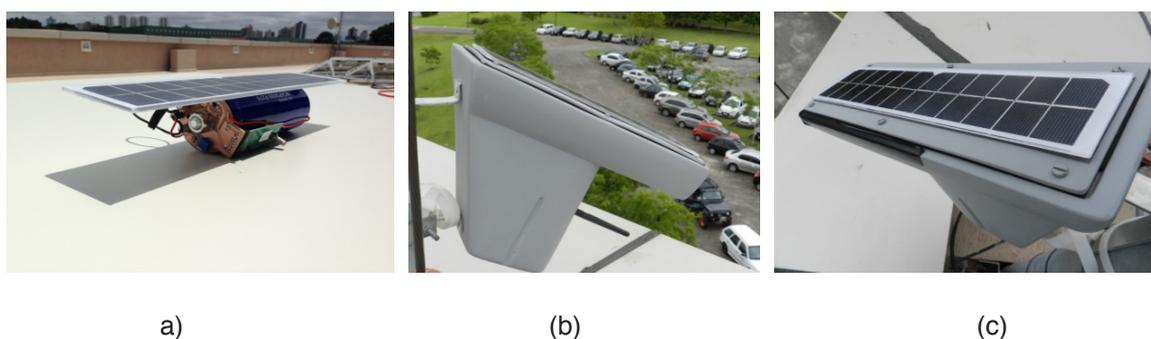


FIGURA 5 – Fotos do circuito do primeiro protótipo do roteador de dados autossustentável.

A Figura 6 apresenta a curva medida da tensão do supercapacitor, podendo ser observadas as cargas e descargas.

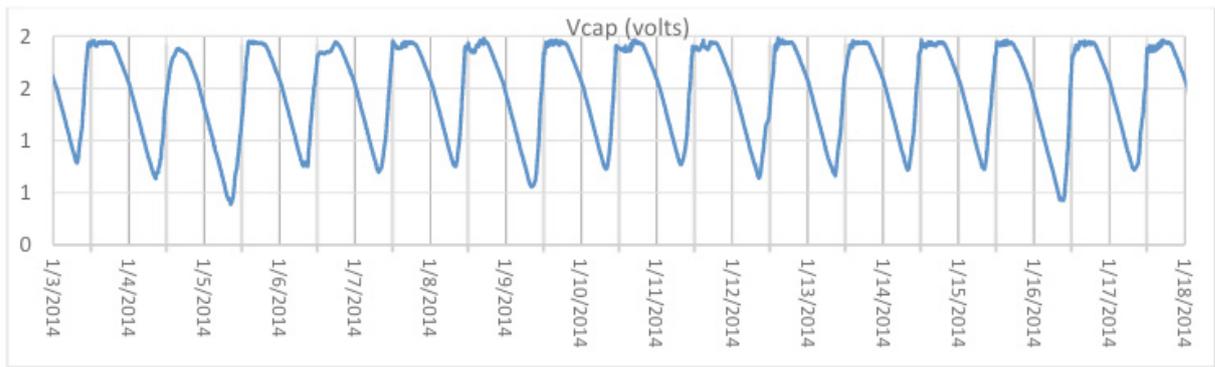


FIGURA 6 – Curva de tensão elétrica sobre o supercapacitor, aplicação de roteador autossustentável.

Foram feitos ensaios e testes com diversas marcas e modelos de supercapacitores. Nas Figuras 7-(a) e 7-(b) são mostrados circuitos de teste para validação de supercapacitores de 900 Farads, utilizados em 200 roteadores de comunicação instalados em Curitiba/PR e Niterói/RJ.

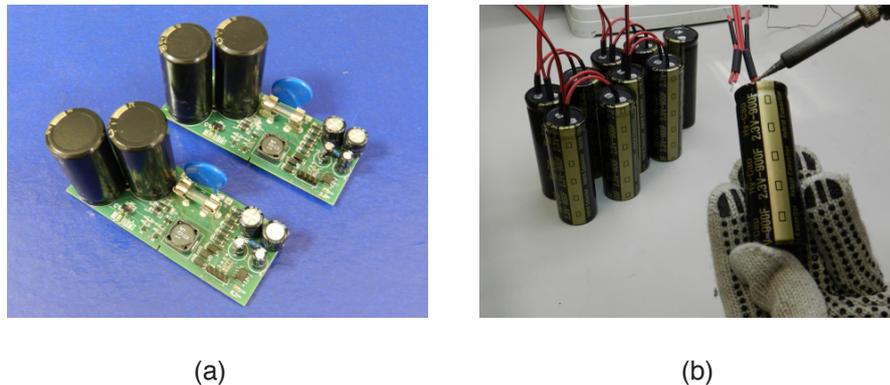


FIGURA 7 – Circuito para testes de campo de supercapacitores de 900 Farads.

Percebeu-se que o sistema se manteve operacional com uma boa autonomia, e a tensão no supercapacitor chegou a um mínimo de 1,1V, sendo que o limite operacional era de 0,7V. O equipamento evoluiu para um conjunto mais robusto contendo quatro supercapacitores de 3000 Farads cada um, ligados em paralelo, permitindo assim a alimentação contínua de equipamentos de maior potência sob qualquer condição atmosférica. O equipamento é apresentado nas Figuras 8-(a), 8-(b) e 8-(c).

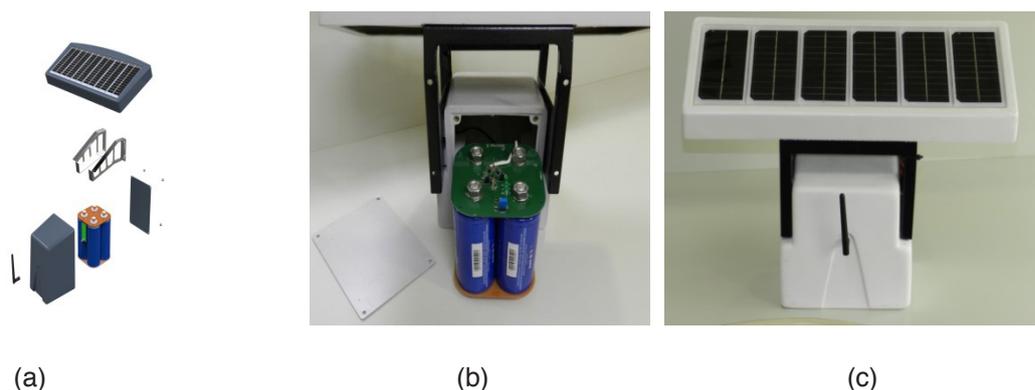


FIGURA 8 – Esquema e fotos do equipamento com supercapacitores de 3000 Farads.

Os testes de campo em Curitiba/PR tiveram resultados positivos. Todo o sistema se comportou como esperado, estando funcional por mais de dez meses ininterruptamente, suportando dias de chuva, neblina, granizo e sol. Para monitorar este funcionamento foi colocado no rádio da aplicação uma medição e registro periódico da tensão no supercapacitor, a cada 5 minutos. A Figura 9 apresenta algumas medidas. Dos dados, pode ser observado que mesmo com uma grande variação na radiação solar disponível no decorrer dos dias (nuvens e chuva entre os dias 21 e 26), o sistema se manteve operante, sem apresentar nenhum desligamento, garantindo a confiabilidade e o funcionamento da aplicação de forma ininterrupta e autossustentável.

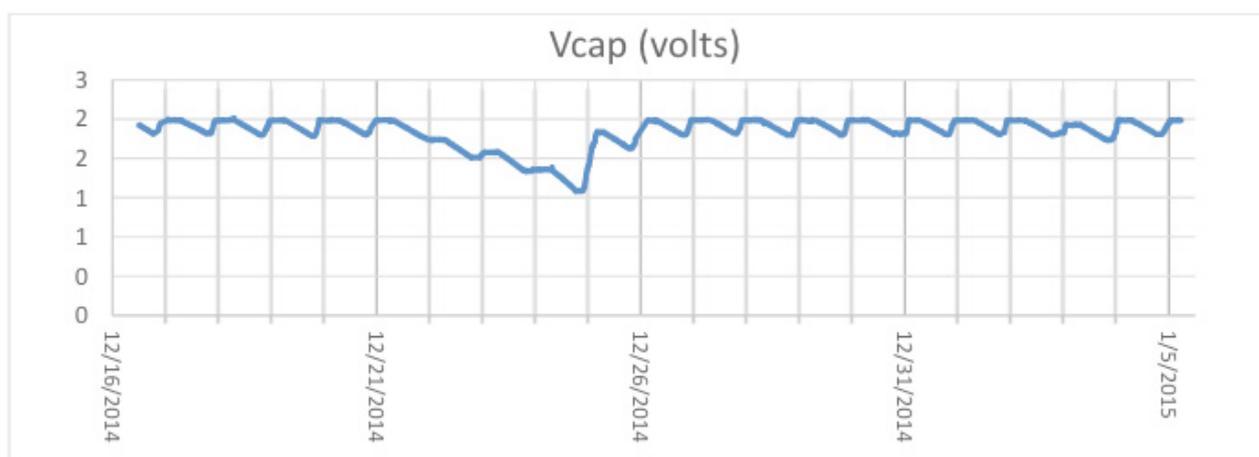


FIGURA 9 – Gráfico do nível de tensão sobre os supercapacitores em regime de campo.

#### 4 | CONCLUSÕES

Os resultados práticos foram obtidos através da instalação em campo dos protótipos autossustentáveis desenvolvidos. A viabilidade técnica de roteadores autossustentáveis para meios de comunicação sem fio ficou comprovada a partir dos registros de medição contínua obtidos durante vários meses sob diversas condições atmosféricas adversas. As aplicações utilizadas nos testes foram a leitura remota de grandes consumidores de energia elétrica via protocolo ABNT NBR 14522, a leitura e telecomando de religadores via protocolo DNP3, o comando e supervisão de pontos de iluminação pública e a detecção de queda e retorno de energia (função ARGOS). Ficou comprovado não somente o funcionamento do meio de comunicação em si de forma ininterrupta, independentemente de baterias, mas também que os níveis de carga e descarga dos supercapacitores permitem que os mesmos possam ser utilizados em sistemas de rede autossustentáveis, fazendo uso do conceito de “Energy Harvesting”, no qual toda a energia necessária para funcionamento é retirada do meio ambiente de forma ecologicamente correta (energia limpa).

## REFERÊNCIAS

- ABRUÑA, H. D.; KIYA, Y.; HENDERSON, J. C. (2008). "Batteries and Electrochemical Capacitors". *Phys. Today* (12): 43–47.
- BOCKRIS, J. O'M.; DEVANATHAN, M. A. V.; MULLER, K. (1963). "On the Structure of Charged Interfaces". *P. Roy. Soc. Lond. A Mat.* 274: 55–79. doi:10.1098/rspa.1963.0114.
- BÉGUIN, F.; RAYMUNDO-PIÑEIRO, E.; FRACKOWIAK, E. (2009). "8. Electrical Double-Layer Capacitors and Pseudocapacitors". *Carbons for Electrochemical Energy Storage and Conversion Systems*. CRC Press. pp. 329–375. doi:10.1201/9781420055405-c8. ISBN 978-1-4200-5540-5.
- CONWAY, B. E. (1999). *Electrochemical Supercapacitors: Scientific Fundamentals and Technological Applications*. Springer. doi:10.1007/978-1-4757-3058-6. ISBN 0306457369.
- ZHANG, J.; ZHANG, L.; LIU, H.; SUN, A.; LIU, R.-S. (2011). "8. Electrochemical Supercapacitors". *Electrochemical Technologies for Energy Storage and Conversion*. Weinheim: Wiley-VCH. pp. 317–382. ISBN 978-3-527-32869-7.
- LEITNER, K. W.; WINTER, M.; BESENHARD, J. O. (2003). "Composite Supercapacitor Electrodes". *J. Solid State Electr.* 8 (1): 15–16. doi:10.1007/s10008-003-0412-x.
- EBRAHIMI (EDITOR), F. (September 27, 2012). *Nanocomposites - New Trends and Developments*. InTech. doi:10.5772/3389. ISBN 978-953-51-0762-0.
- KINOSHITA, K. (January 18, 1988). *Carbon: Electrochemical and Physicochemical Properties*. John Wiley & Sons. ISBN 978-0-471-84802-8.
- ZAMBENEDETTI, V. C., et al, Projeto Estratégico de P&D Redes Elétricas Inteligentes – Medição – P2.01 a P2.12 - Relatório Final. Lactec, Curitiba, 2011.
- METHLEY, S. *Essentials of Wireless Mesh Networking*, Cambridge University Press, 2009, p.72.
- MISIC V. B. "Wireless Personal Area Networks Performance, Interconnections and Security with IEEE 802.15.4", Ed. John Wiley & Sons, Ltd, 2008, p. 33.
- LIPPMANN L. Jr. "Configuração Aplicada em Unidade de Comunicação para Redes Aéreas de Distribuição de Energia Elétrica" LACTEC – INPI DI 7005101-1, 20 de dezembro, 2010.
- LIPPMANN L. Jr, "Dispositivo Adaptador para Redes de Comunicação sem Fio Autônoma disposta junto a Redes de Distribuição de Energia Elétrica" LACTEC - INPI PI 1101469-4, 01 de abril, 2011.
- ZAMBENEDETTI, V. C., LIPPMANN L. Jr. "Seção: No Circuito- TI Tech Day Mostra Produtos para Área de Energia", *Revista Eletricidade Moderna*, Editora Aranda, outubro 2011, p.9-12.
- ZAMBENEDETTI, V. C., LIPPMANN L. Jr. "Seção: No Circuito – Texas Instruments", *Revista Eletricidade Moderna*, Editora Aranda, setembro 2012, p. 20-23.

## ÍNDICE REMISSIVO

### B

Biopolímeros 137, 146, 147

### C

Coatings 146, 147, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 155

Coeficiente de atrito 136, 137, 141, 144

Cogeração 50, 51, 90

Competitividade 77, 78, 81, 85, 86, 88, 94, 99

Computação verde 119

### D

Desenvolvimento sustentável 35, 36, 37, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 168

Desperdício 146, 147, 167

### E

Efluente líquido 165, 174

Energia 9, 1, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 24, 35, 38, 39, 49, 50, 51, 52, 58, 62, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 73, 75, 76, 77, 78, 80, 84, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 97, 98, 99, 114, 119, 167, 217, 230, 231

Expansão da geração 15, 18, 75, 76, 85

### F

FPGA 12, 118, 119, 121, 123, 124, 125, 126

### G

Galvanoplastia 165, 166, 167, 168, 175

Geração 9, 1, 10, 11, 14, 15, 18, 19, 20, 24, 49, 50, 51, 60, 62, 69, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 85, 86, 87, 90, 91, 92, 167, 168, 184, 188

Gerador 1, 2, 5, 6, 9, 10, 47, 58, 76

### H

Hidrelétrica 1, 10, 79

### I

Inteligência artificial 109, 110, 113

### L

Leilões de transmissão 11, 15, 16, 17, 19, 21

Localização 12, 17, 30, 85, 87, 113, 127, 128, 127, 128, 133, 134, 171, 178, 202

### M

Manipulador-H 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108

Manutenção 6, 8, 10, 12, 21, 41, 51, 64, 65, 66, 67, 70, 71, 76, 152, 158, 167, 185, 188, 189, 192  
Marcos fiduciais 127, 128, 129, 134  
Melhores práticas 77, 88, 89, 91, 100  
Mercado Livre 88, 99, 100  
Metalografia 156, 158, 159, 160  
Micromouse 109, 110, 111, 113, 166, 117  
Microscopia óptica 156  
Migração Sísmica 119  
Movelt 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108

## **N**

Nanolubrificante 136, 139, 141  
Nanopartículas de amido 136, 137, 138, 139, 140, 141, 143, 144

## **O**

Open source 109, 110, 129  
Oportunidades 11, 13, 75, 88, 90, 95, 97, 134, 187

## **P**

PIR 35, 36, 37, 46, 47, 48  
Planejamento energético 35, 36, 38, 44, 46, 47, 48  
Project Finance 11

## **Q**

Qitosana 146, 147, 148, 149, 150, 152

## **R**

Rendimento 49, 50, 52, 53, 58, 60, 61  
Repotenciação 1, 3, 8, 9, 10  
Risco 4, 15, 51, 67, 76, 79, 86, 87, 88, 89, 92, 93, 95, 97, 99, 228  
Robótica 9, 101, 102, 103, 107, 109, 110, 111, 112, 117, 127, 128, 135  
Robótica móvel 110, 109, 128  
ROS 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 115, 116, 117, 129  
RTM 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125

## **S**

Setor elétrico 11, 13, 15, 22, 24, 29, 35, 36, 41, 45, 47, 75, 76, 77, 85, 98, 99  
Simulação 17, 25, 34, 93, 94, 95, 96, 104, 109, 110, 111, 112, 115, 116, 117, 127, 129, 130, 132, 216, 226  
Smart Grid 64, 70  
Supercapacitor 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74  
Supercomputação 119  
Sustentabilidade 9, 64, 99

## T

Taxa de desgaste 136, 139, 143, 144

Térmicas 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 96, 209, 214

Tratamento 38, 128, 158, 156, 160, 163, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 180, 229

Turbina de Tesla 49, 50, 51, 52, 60, 62

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**