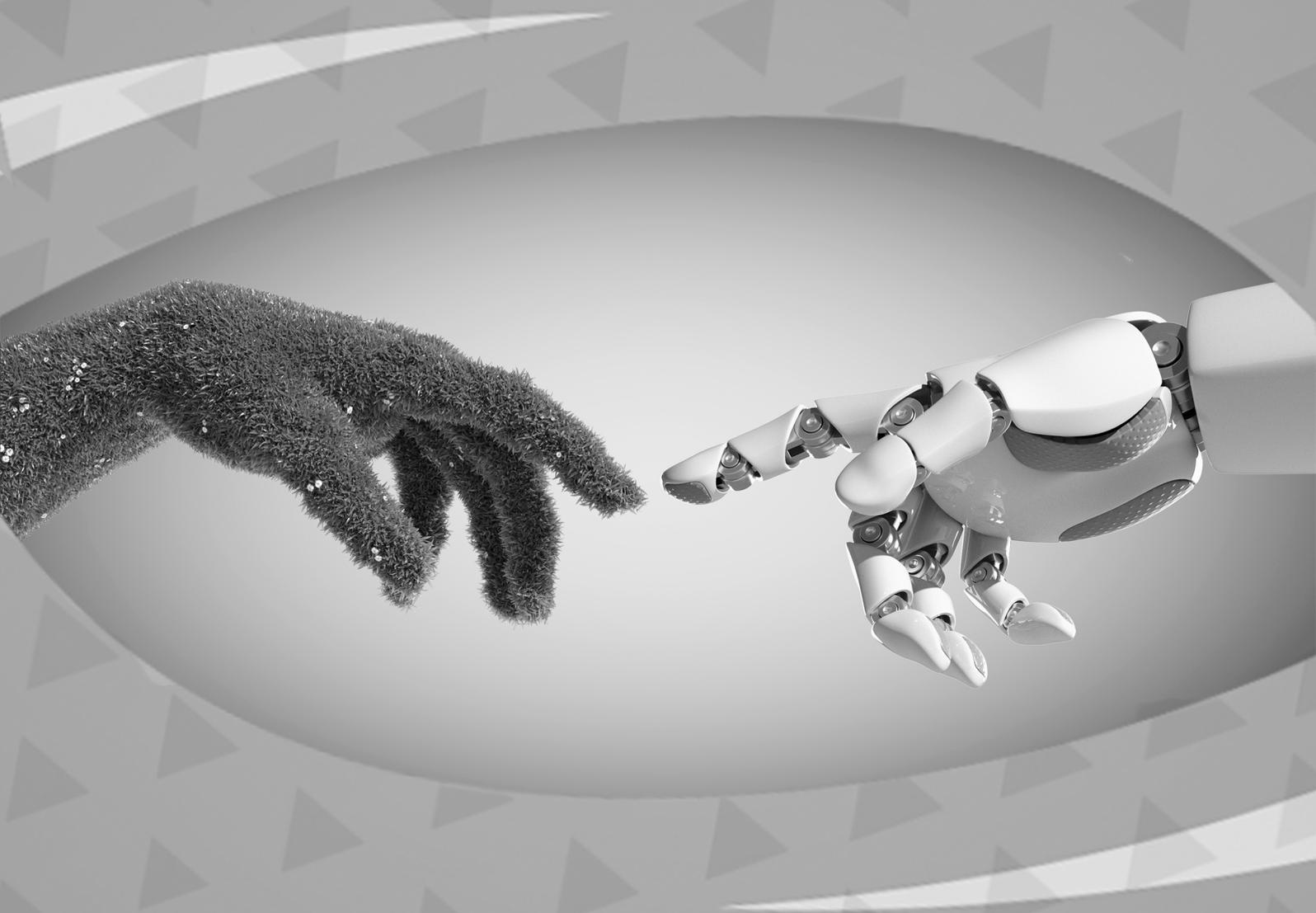


**Franciele Braga Machado Tullio  
Leonardo Tullio  
(Organizadores)**



# **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>

## MEDIÇÕES DE CAMPO ELÉTRICO EM INSTALAÇÕES DE CORRENTE CONTÍNUA – DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE MEDIÇÃO PARA ATENDIMENTO AOS LIMITES DEFINIDOS PELA ANEEL

*Data de aceite: 02/06/2020*

**Athanasio Mpalantinos Neto**

CEPEL

**Carlos Ruy Nunez Barbosa**

CEPEL

**Luís Adriano de Melo Cabral Domingues**

CEPEL

**Paulo Roberto Gonçalves de Oliveira**

CEPEL

**Rafael Monteiro da Cruz Silva**

ELETROBRAS

**Júlio César A. de Aguiar**

ELETROBRAS

**RESUMO:** A construção de grandes linhas de transmissão associadas aos projetos do Madeira e Belo Monte expôs a carência de ferramentas de cálculo e dados de medições em instalações em operação para linhas de transmissão em corrente contínua. Se, no caso de linhas em corrente alternada, os métodos de cálculo funcionam a contento e há um grande acervo de medições em instalações em operação, em de corrente contínua o quadro é sensivelmente diferente. Por outro lado, a evolução da Legislação e da Regulamentação referentes à exposição a campos elétrico e magnético levou, na

Resolução Normativa ANEEL 616, de 1 de julho de 2014, ao estabelecimento de limites para instalações em corrente contínua, demandando das empresas a realização de medições de campos nas instalações em operação.

Este trabalho descreve o planejamento e a realização de medições em linhas de transmissão e estações conversoras, com a finalidade de atender aos requisitos da RN 616 e também iniciar a montagem de um banco de dados de medições visando orientar e validar o desenvolvimento de métodos de cálculo específicos para instalações em corrente contínua.

Neste IT são inicialmente apresentados os instrumentos utilizados para medição de campo elétrico em corrente contínua, descritos o processo de funcionamento das sondas, o arranjo desenvolvido para os testes de laboratório, o método de ensaio para calibração das sondas e a metodologia para realização da medição no campo. Em seguida são descritas as campanhas de medição realizadas, tanto em linhas de transmissão quanto em estações conversoras, e apresentados os resultados das medições. Finalmente é feita a análise desses dados enfatizando a variabilidade elevada dos resultados e sua dependência das condições meteorológicas - temperatura,

umidade, velocidade e direção do vento e indicada uma metodologia adequada para o cálculo de campo elétrico em corrente contínua.

**PALAVRAS-CHAVE:** Campo Elétrico, Linhas de Transmissão, Estações Conversoras, Corrente Contínua

## 1 | INTRODUÇÃO

O sistema de transmissão em corrente contínua no Brasil teve início com a entrada em operação dos dois bipolos de  $\pm 600\text{kV}$  de Itaipu em 1984. Posteriormente o CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica realizou uma série de medições nestes bipolos para a avaliação de desempenho destes (1).

Trinta anos depois, o país voltou a construir linhas de corrente contínua, Sistema de Transmissão do Madeira - Porto Velho-Araraquara,  $\pm 600\text{kV}$ , em operação desde 2014, e o Sistema de Belo Monte planejado para  $\pm 800\text{kV}$ . A transmissão em corrente contínua se apresenta como uma alternativa e uma tendência para transmissão de grandes blocos de energia.

Em 2009 entrou em vigor a Lei 11934(2) que dispõe sobre exposição humana a campos elétricos e magnéticos, com as regulamentações da ANEEL Resoluções Normativas 398(3) e 413(4) de 2010 que estabelecem limites à exposição humana a campos elétricos e magnéticos originários de instalações de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, porém apenas para a frequência de 60Hz. Em 2014 foi então publicada a resolução normativa 616 da ANEEL (5) que passou a incluir campos elétricos e magnéticos gerados por instalações de 50Hz e corrente contínua.

Estes trinta anos (1984-2014) representam uma grande lacuna de dados de medição em linhas de corrente contínua. Adicionalmente deve-se notar que o comportamento do campo elétrico em corrente contínua e, por consequência, os instrumentos e técnicas de medição, diferem consideravelmente da corrente alternada. As medições de campo elétrico em corrente contínua dependem muito das condições ambientais, principalmente da velocidade e direção do vento, já que este interfere diretamente no ambiente elétrico da linha de transmissão, transportando os íons gerados nos polos. Além disso, foi identificada, no laboratório e durante o processo de medição, a exigência de uma atenção maior no procedimento de calibração das sondas (zerar) a cada novo ponto de medição e também da qualidade do ponto de aterramento dos instrumentos.

Visando preencher esta lacuna de dados, ao atendimento da Resolução Normativa 616 aplicada as instalações existentes e as futuras demandas do setor elétrico, o CEPEL em conjunto com a ELETROBRAS, Furnas e Eletronorte realizaram uma série de medições de campo nos bipolos do Sistema de Transmissão de Itaipu e nas Estações Conversoras de Foz do Iguaçu, Ibiúna e Araraquara, além de uma série de ensaios em laboratório para avaliação do comportamento das sondas e para definição do arranjo de medição.

Neste trabalho são inicialmente apresentados os instrumentos utilizados para medição de campo elétrico em corrente contínua, descritos o processo de funcionamento das sondas, o arranjo desenvolvido para os testes de laboratório, o método de ensaio para calibração das sondas e a metodologia para realização da medição no campo.

Em seguida são descritas as campanhas de medição realizadas, tanto em linhas de transmissão quanto em estações conversoras, e apresentados os resultados das medições.

Finalmente é feita a análise desses dados enfatizando a variabilidade elevada dos resultados e sua dependência das condições meteorológicas - temperatura, umidade, velocidade e direção do vento e indicada uma metodologia adequada para o cálculo de campo elétrico em corrente contínua.

## **2 | ENSAIOS DE LABORATÓRIO**

### **2.1 Funcionamento das sondas**

A medição de campo elétrico de corrente contínua é feita por de uma sonda, que através de um sistema de membrana vibratória, ou mecanismo de rotação, consegue ser sensibilizada com o campo elétrico contínuo. Esta sonda é ligada ao medidor de campo elétrico, que faz a leitura e interpretação das informações enviadas pela sonda.

O que se faz tradicionalmente e construir uma placa metálica, aterrada, para criar uma superfície plana, onde o campo é vertical e posicionar a sonda no centro (sem contato com placa), conforme a Figura 1 A.

Por se tratar de medições de curta duração em conversoras e linhas de transmissão e pela dificuldade de escavar o solo em alguns pontos (asfalto de arruamentos) resolveu-se adotar a configuração da Figura 1 B nos ensaio de laboratório e posteriormente no campo.

### **2.2 Arranjo do ensaio de laboratório**

No laboratório do CEPEL foram construídas duas placas paralelas de alumínio com dimensões de 2m x 2m de bordas arredondadas. Estas dimensões foram obtidas através de simulação digital desenvolvida no programa TRICAMP (6) de forma que produzissem um campo uniforme na região central onde será colocado o arranjo placa/sonda de campo elétrico, como pode ser observado na Figura 2.

A parte de baixo no formato de uma mesa apoiada no solo foi aterrada e colocado no seu centro o arranjo placa/sonda de campo elétrico, para reproduzir a situação da Figura 1 B e a outra placa foi suspenso por uma cadeia de isoladores a 1m da superfície da placa/sonda. Nesta última foi aplicada tensão, de polaridades positiva e negativa até 200 kV, dependendo do tipo de sonda.

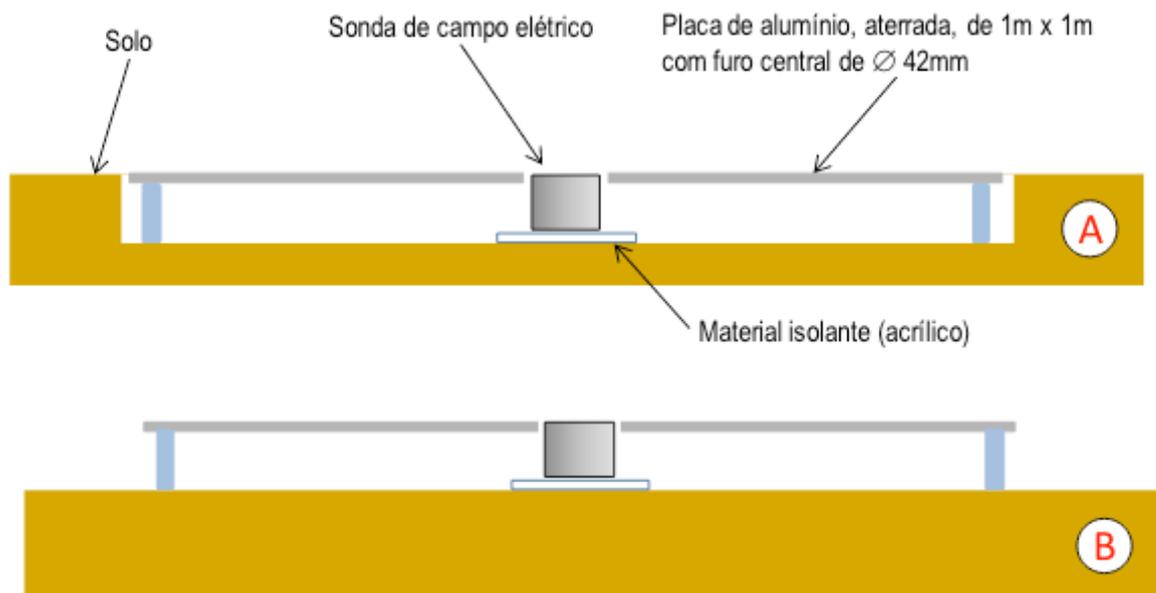


FIGURA 1 – Placa Metálica para posicionamento da sonda



FIGURA 2 – Arranjo de Ensaio

### 2.3 Calibração das sondas

Foram ensaiadas quatro tipos de sondas, diferenciadas pela faixa de medição de campo elétrico e pela sua montagem de fábrica (tipo E ou tipo F). As faixas de leitura estão descritas na Tabela 1.

O leitor das sondas é o mesmo para todos os tipos e a leitura do campo elétrico não é direta. Para cada tipo de leitor existe um fator de conversão do valor mostrado no visor do leitor para o valor do campo elétrico, para cada tipo de sonda usado.

As sondas foram ensaiadas aplicando-se diferentes níveis de tensão de acordo com seu tipo, Tabela 1, com polaridade positiva e negativa. A tensão aplicada, devido às condições do ensaio, foi limitada no máximo de 200 kV.

Tipo de sonda	Faixa de campo elétrico (kV/m)	Tensão de ensaio (kV)	Passo (kV)
E2 ou F2	0 a 10	0 a 10	5
E3 ou F3	0 a 100	0 a 100	10
E4 ou F4	0 a 1.000	0 a 200	20
E5 ou F5	0 a 2.000	0 a 200	20

Tabela 1 – Faixa de leituras das sondas

Todas as sondas foram testadas “embutidas na placa”, Figura 1 B, e acomodadas em cima da mesa, tanto as do tipo F como as do tipo E, constatou-se uma melhor resposta quando estão montadas conforme a figura 1 B.

As sondas dos tipos E3 ou F3 foram as mais utilizadas pelo CEPEL para as medições de campo elétrico nas estações conversoras e nas linhas de transmissão por seu melhor desempenho uma vez que sua faixa de leitura ser mais compatível com os valores encontrados em campo.

### 3 | MEDIÇÕES DE CAMPO

#### 3.4 Instrumentos utilizados nas campanhas de medição

O CEPEL utilizou os seguintes instrumentos para a realização das medições:

- Medidor e sonda de campo elétrico CC
- Medidor de campo magnético CC
- Medidor de temperatura e umidade relativa do ar Vaisala
- Anemômetro Brunton-ADC-Wind

Todos os instrumentos estavam com o certificado de calibração válido. As fotos dos mesmos podem ser observadas nas figuras 3, 4, 5 e 6.



Figura 3 – Medidor de campo elétrico



Figura 4 – Medidor de campo magnético



Figura 5—Medidor de temperatura e umidade relativa do ar



Figura 6—Anemômetro Brunton-ADC-Wind

### 3.2 Metodologia Desenvolvida

Os instrumentos e por conseguinte as técnicas de medição de corrente contínua diferem consideravelmente das de corrente alternada.

A primeira tarefa, em geral realizada ainda no escritório, foi a de, a partir das plantas e imagens da linha de transmissão e da estação conversora, definir os pontos onde serão realizadas as medições. Já no local, estes pontos pré-definidos são reavaliados e confirmados logo no início dos trabalhos. As premissas para a escolha destes pontos em linhas de transmissão e na estação conversora são descritos a seguir.

Para a linha de transmissão foram definidos perfis transversais a linha de transmissão e nestes perfis pontos que proporcionem uma comparação tanto com outras medições quanto a valores calculados. Foram medidos pontos no limite da faixa de servidão, no centro e a 15 m dos pólos.

Para a estação conversora na área energizada, de acesso apenas de trabalhadores (espaço ocupacional), foram medidos em lugares de maior circulação e arruamentos. Também foram escolhidos alguns pontos nas áreas externas, onde pode haver circulação de todo o público.

Para cada ponto de medição os equipamentos foram acomodados em uma mesa, Figura 7, as sondas calibradas e acondicionadas na placa metálica, Figura 8, e realizado o aterramento do medidor de campo elétrico e da placa equalizadora. A seguir foram verificados os valores de campo elétrico, direção e velocidade do vento, umidade e temperatura de forma simultânea.

Foi constatado, tanto no campo quanto em laboratório, a importância de assegurar o bom aterramento dos equipamentos e a calibração das sondas a cada novo ponto de medição para obtenção de resultados confiáveis.

Foram realizadas 10 verificações dos valores medidos com o intervalo de 1 min, conforme definido nos ensaios de laboratório. Este valores são registrados em uma planília,

apresentada na Figura 9, para posterior digitalização e análise.



FIGURA 7 – Mesa de instrumentos



FIGURA 8 – Placa metálica

PLANILHA DE MEDIÇÃO DE PERIFIS DE V  
CAMPO ELÉTRICO (CE) E MAGNÉTICO (CM) - C.T.  
EMPRESA: Eletrobras Cepel

**IDENTIFICAÇÃO**  
 PONTO: DATA: 2016 HORA: INICIO: FIM:  
 LOCAL:  
 FERRAL:  
 MEDIÇÃO EM: ( ) PÚBLICO LIBERAL - ( ) 100% PACOVAL  
 MEDIÇÃO EM TORRE: ( ) TORRE FINAL (TF) \* TORRE FINAL (TF) \* DIST. 21 (m) \*

**CONDIÇÕES DA MEDIÇÃO**  
 TENSÃO (KV) \* CORRENTE (KA) \* TEMP (°C) \* UR (%) \*

**CAMPO ELÉTRICO (CE) E MAGNÉTICO (CM)**  
 MEDIDOR CE: TRIFIELD M3 369  
 MEDIDOR CM: LEROR \* ( ) 2170 - ( ) 117 AB CASO: ( ) JOURTO - ( ) LONGON  
 SONDAS: CE: MODELO: ( ) F2 - ( ) F2 - ( ) F2A SERIE: \* ZERO: \*

**MEDIÇÕES DE CAMPO ELÉTRICO E MAGNÉTICO - NO PONTO \***

VALOR	MEDIÇÃO CE			MEDIÇÃO CM			VENTO	SOL
	CE	CM	CM	CE	CM	CM		
1a								
2a								
3a								
4a								
5a								
6a								
7a								
8a								
9a								
10a								
11a								
12a								
13a								
14a								
15a								
16a								
17a								
18a								
19a								
20a								
21a								
22a								
23a								
24a								
25a								
26a								
27a								
28a								
29a								
30a								
31a								
32a								
33a								
34a								
35a								
36a								
37a								
38a								
39a								
40a								
41a								
42a								
43a								
44a								
45a								
46a								
47a								
48a								
49a								
50a								
51a								
52a								
53a								
54a								
55a								
56a								
57a								
58a								
59a								
60a								
61a								
62a								
63a								
64a								
65a								
66a								
67a								
68a								
69a								
70a								
71a								
72a								
73a								
74a								
75a								
76a								
77a								
78a								
79a								
80a								
81a								
82a								
83a								
84a								
85a								
86a								
87a								
88a								
89a								
90a								
91a								
92a								
93a								
94a								
95a								
96a								
97a								
98a								
99a								
100a								

FECHER: 03h 10m  
FECHER: 03h 10m  
FECHER: 03h 10m

\* MEDIÇÃO DE CAMPO ELÉTRICO E MAGNÉTICO

FIGURA 9 – Planilha

## 4 | CAMPANHAS DE MEDIÇÃO

Visando prover as Empresas ELETROBRAS de dados sobre suas instalações de corrente contínua, ao atendimento da Resolução Normativa 616 aplicada as instalações existentes e as futuras demandas do setor elétrico, o CEPEL em conjunto com a ELETROBRAS, Furnas e Eletronorte realizaram uma série de medições de campo nos bipolos do Sistema de Transmissão de FURNAS e nas Estações Conversoras de Foz do Iguaçu, Ibiúna e Araraquara.

A seguir serão apresentados as medições realizadas na linha de transmissão e na estação conversora de FURNAS de forma a exemplificar o desenvolvimento do trabalho de medição e os resultados obtidos.

### 4.1 Linha de Transmissão

Foram realizados perfis de campo elétrico, ao nível do solo, em um vão da linha de transmissão corrente contínua de ±600 kV de FURNAS. O processo de montagem dos equipamentos no vão da linha de transmissão para medição pode ser observado nas Figuras 10 e 11.



FIGURA 10 - Detalhe do aterramento da placa metálica



FIGURA 11 – Localização do ponto de medição - equipamentos aterrados e calibrados

Nas figuras 12 e 13 são apresentados o croqui com os pontos medidos no perfil e um gráfico com os valores de campo elétrico medidos. Na Tabela 2 são apresentados os valores e a direção predominante do vento durante o processo de medição.

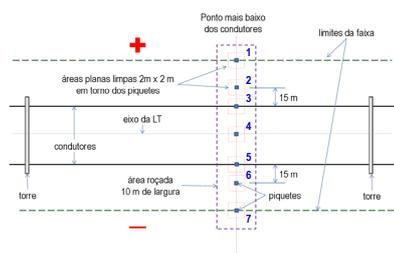


FIGURA 12 – Croqui do Perfil de Medição

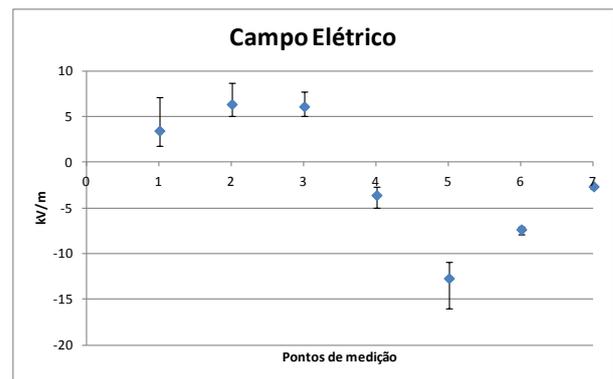


FIGURA 13 – Valores de campo elétrico

Pontos	Vento (m/s)		Direção
	Max.	Min.	
1	3,5	1,5	A
2	4,5	1,8	A
3	3,7	0,0	A
4	4,0	1,3	B
5	2,3	0,0	A
6	3,5	1,6	A
7	2,6	0,9	A

**A = transversal a LT na direção do polo negativo**

**B = 45° a LT na direção do polo negativo**

Tabela 2 – Valores e Direção do Vento

Durante a medição na linha de transmissão os valores de tensão e corrente nos polos são apresentados na Tabela 3.

Polo 1		Polo 2	
Tensão (kV)	Corrente (A)	Tensão (kV)	Corrente (A)
600	2.500	605	2.510

Tabela 3 – Valores de Tensão e Corrente

## 4.2 Estação Conversora

Para a Estação Conversora de Foz do Iguaçu foram levantados os pontos de interesse que podem ser observados no croqui apresentado na Figura 14. Os valores de campo elétrico e a direção predominante do vento medidos nestes pontos são apresentados nas Tabelas 4 e 5. A direção predominante do vento está relacionada ao sentido do perfil na conversora. Sendo assim (A) representa o sentido longitudinal, (B) a 45° na direção do perfil, (C) transversal ao perfil e (D) 45° na direção oposta ao perfil.

Durante o processo de medição os valores da corrente nas linhas de transmissão IBIUNA 1 e IBIUNA 2 foram de 2.450 A e 2.480 A, respectivamente.



Figura 14 – Pontos de medição - Estação Conversora

Ponto de Medição	Campo Máximo (kV/m)	Campo Mínimo (kV/m)	Vento Max. (m/s)	Vento Min. (m/s)	Direção
1	-2,17	-1,86	4,0	1,8	C
2	-2,53	-2,29	4,0	1,3	C
3	4,75	2,93	3,5	1,1	B
4	2,00	1,71	3,6	1,0	B
5	-0,60	-0,10	3,2	1,4	B
6	-1,34	-1,02	4,2	2,1	B
7	-1,24	-0,75	4,0	1,5	B
8	4,56	3,00	3,9	1,9	B
9	2,18	1,90	3,9	1,1	B

Obs. Os pontos, 1, 4, 6 e 9 estão localizados a 15 m dos polos. E os pontos 2, 3, 7 e 8 embaixo dos polos.

Tabela 5 – Valores de Campo Elétrico – Estação Conversora – Seção B

Ponto de Medição	Campo Máximo (kV/m)	Campo Mínimo (kV/m)	Vento Max. (m/s)	Vento Min. (m/s)	Direção
1	-3,20	-1,89	2,9	0,7	C
2	2,28	2,04	3,6	0,9	C

Obs. Os pontos 1 a 2 estão localizados embaixo das barras de transferência.

Tabela 4 – Valores de Campo Elétrico – Estação Conversora – Seção A

## 5 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

O comportamento do campo elétrico em instalações em corrente contínua difere sensivelmente do que ocorre em corrente alternada em virtude de diferenças no ambiente elétrico e na dinâmica dos fenômenos. Para analisar os resultados de medições ou avaliar métodos de cálculo é importante considerar em detalhes estas diferenças, que ajudam a entender e interpretar.

Para tensões abaixo da tensão de início de corona nos condutores, ocorre sob a linha

um campo eletrostático. Acima da tensão de início de corona, os condutores positivos e negativos da linha de transmissão geram íons de mesma polaridade. Por isto, uma carga espacial de polaridade positiva ocorre sob o condutor positivo e uma carga espacial negativa sob o condutor negativo. Entre os dois polos da linha de transmissão, ocorrem uma mistura de carga espacial positiva e negativa, proporcionando uma recombinação iônica.

A carga espacial produzida pelo corona em um condutor de uma linha de transmissão em corrente contínua tem o efeito de reduzir o campo elétrico na vizinhança da superfície do condutor e aumentar o nível de campo elétrico no solo. O campo elétrico resultante sob uma linha de corrente contínua com corona pode ser assumido como composto de dois componentes: um componente de “campo eletrostático”, produzido pela tensão aplicada à linha e pela geometria da mesma, e outro componente de “campo de cargas espaciais”, produzido pela carga espacial iônica na região entre os eletrodos.

A carga espacial gerada perto de cada condutor é conduzida pelo campo elétrico resultante tanto em direção ao solo, como em direção ao condutor de polaridade oposta, resultando em uma corrente de condução entre os polos e para o solo. Assim há um comportamento “unidirecional” no sentido que as cargas se deslocam ao longo das linhas de campo em direção ao solo ou ao polo oposto, diferentemente do que ocorre em corrente alternada, onde o campo inverte a direção a cada ciclo elétrico, de modo que as cargas ficam sempre na vizinhança dos condutores, sendo recombinadas na sua maioria, não formando uma massa de cargas espaciais importante. Além das cargas geradas por corona ocorrem também cargas geradas por ionização natural, em especial agrupamentos de moléculas (clusters) que perdem um ou mais elétrons, tornando-se eletricamente carregadas; partículas de poluição frequentemente se enquadram neste caso, sendo deslocadas por ação do campo elétrico até algum condutor de polaridade oposta ou aterrado. Isto explica porque é usual ver condutores, equipamentos, paredes enegrecidas em instalações em corrente contínua.

O campo elétrico sob uma linha de transmissão em corrente contínua deve portanto ser caracterizado em termos de três parâmetros básicos:

- campo elétrico -  $E$  (kV/m);
- densidade de carga espacial -  $\rho$  (C/m<sup>3</sup>);
- densidade de corrente iônica -  $j$  (A/m<sup>2</sup>).

Estas grandezas se relacionam através da seguinte expressão:

$$j = k \cdot \rho \cdot E, \text{ onde } k \text{ é mobilidade iônica.}$$

O campo elétrico em uma linha de transmissão em corrente contínua, Figura 13 e Tabela 2, é muito influenciado por condições ambientais, tais como: velocidade e direção do vento, umidade relativa, a presença e natureza dos aerossóis no ar etc.

Dentre as variáveis atmosféricas o vento (velocidade e direção) é a mais influente, por deslocar a massa de íons, alterando todo o padrão elétrico da LT. Com a ação do vento as cargas não se movem apenas por ação do campo elétrico, mas pelo efeito resultante de campo elétrico e vento.

Dos resultados apresentados pode-se ressaltar a necessidade, tanto na medição quanto no cálculo, de se levar em consideração o vento (velocidade e direção). Neste sentido e apoiado nas medições realizadas pelo CEPEL (1), nas medições apresentadas e nas futuras medições a serem realizadas nos novos projetos em corrente contínua, será iniciada a montagem de um banco de dados de medições visando orientar e validar o desenvolvimento de métodos de cálculo específicos para instalações em corrente contínua. Em paralelo serão desenvolvidos estudos no sentido de levar em consideração a influência das variáveis climáticas na metodologia para cálculo do campo elétrico em corrente contínua (7).

## 6 | CONCLUSÕES

- Este trabalho apresenta os resultados da campanha de medição em linhas de transmissão e nas estações conversoras das empresas ELETROBRAS.
- É apresentada a metodologia utilizada para realização destas medições.
- Foi realizada a análise desses dados enfatizando a variabilidade elevada dos resultados e sua dependência das condições meteorológicas, principalmente o vento (velocidade e direção) e a importância da implementação desta variável nos métodos de cálculo.
- No caso de corrente contínua não tem sentido uma medição pontual como é feito em corrente alternada, tendo em vista a grande variação tanto da velocidade como da direção do vento no momento da medição.
- Finalmente o próximo passo, a partir das medições realizadas pelo CEPEL, será o desenvolvimento de banco de dados visando orientar e validar o desenvolvimento de métodos de cálculo específicos para instalações em corrente contínua.

## REFERÊNCIAS

(1) Dart, F. C., Silva Filho, J. I., Andrade, V. H. G., Domingues, L. A. C. M., “Linhas de Transmissão de Corrente Contínua – Avaliação de Campos Interferentes”, XIX SNPTEE, Rio de Janeiro, 2007.

(2) Lei 11943, de 5 de maio de 2009.

(3) Resolução Normativa ANEEL, nº 398, de 23 de março de 2010.

(4) Resolução Normativa ANEEL, nº 413 de 3 de novembro de 2010.

(5) Resolução Normativa ANEEL, nº 616 de 1 de julho de 2014

(6) Domingues, L. A. M. C., Fernandes, C., Dart, F. C., Barbosa, C. R. N., “Cálculo de Campo Elétrico pelo Método de Simulação de Cargas”, Relatório Técnico 923/95 – DTI/ACET, CEPEL, Rio de Janeiro, 1989.

(7) Maruvada, P. S., “Electric Field and Ion Current Environment of HVDC Transmission Lines: Comparison of Calculations and Measurements”, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 27, nº. 1, January, 2012.

## ÍNDICE REMISSIVO

### B

Biopolímeros 137, 146, 147

### C

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

Coefficiente 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**