



Atena
Editora

Ano 2020

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Marcelo Henrique Granza
(Organizadores)

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

2

A black and white photograph of a hand holding a square microchip. The chip is densely packed with small components and has a grid of pins around its perimeter. The background is a blurred workshop or laboratory setting with various electronic components and tools.

Atena
Editora

Ano 2020

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Marcelo Henrique Granza
(Organizadores)

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

2

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: Camila Alves de Cremo

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^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a 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^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a 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^a 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^a Dr^a 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^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a 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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	<p>Engenharia elétrica e de computação [recurso eletrônico] : atividades relacionadas com o setor científico e tecnológico 2 / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann, Marcelo Henrique Granza. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-168-8 DOI 10.22533/at.ed.688200707</p> <p>1. Ciência da computação – Pesquisa – Brasil. 2. Engenharia elétrica – Pesquisa – Brasil. I. Dallamuta, João. II. Holzmann, Henrique Ajuz. III. Granza, Marcelo Henrique.</p> <p style="text-align: right;">CDD 623.3</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Não há padrões de desempenho em engenharia elétrica e da computação que sejam duradouros. Desde que Gordon E. Moore fez a sua clássica profecia tecnológica, em meados dos anos 60, a qual o número de transistores em um chip dobraria a cada 18 meses - padrão este válido até hoje – muita coisa mudou. Permanece porém a certeza de que não há tecnologia na neste campo do conhecimento que não possa ser substituída a qualquer momento por uma nova, oriunda de pesquisa científica nesta área.

Produzir conhecimento em engenharia elétrica e da computação é, portanto, atuar em fronteiras de padrões e técnicas de engenharia. Algo desafiador para pesquisadores e engenheiros.

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

Boa leitura!

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Marcelo Henrique Granza

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
PARADOXOS, RISCOS E REQUISITOS DA NOVA MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRA	
Vitor Silva Duarte	
Mario Jorge Daher	
Alex Nunes de Almeida (<i>in memoriam</i>)	
Maria Aparecida Martinez	
DOI 10.22533/at.ed.6882007071	
CAPÍTULO 2	14
ANÁLISE DO IMPACTO DE GERAÇÕES RENOVÁVEIS SOBRE A MARGEM DE ESTABILIDADE DE TENSÃO POR MEIO DE REGIÕES DE SEGURANÇA	
Paulo Andrade Novaes	
Antonio Carlos Zambroni de Souza	
Fábio da Costa Medeiros	
DOI 10.22533/at.ed.6882007072	
CAPÍTULO 3	28
APLICAÇÃO DE MODELO MULTIOBJETIVO DE ALOCAÇÃO DE GERADORES DISTRIBUÍDOS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO CONSIDERANDO OBRAS DE CONEXÃO DA REDE	
Paulo Sérgio Zanin Júnior	
Lina Paola Garcés Negrete	
Gelson Antônio Andrêa Brigatto	
DOI 10.22533/at.ed.6882007073	
CAPÍTULO 4	43
COMPLEXIDADES DA OPERAÇÃO DO SIN E SEUS IMPACTOS NO PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO	
Vinicius Ragazi David	
Daniela Souza	
Leonardo Calabró	
João Carlos Mello	
Xisto Vieira Filho	
Edmundo P. Silva	
DOI 10.22533/at.ed.6882007074	
CAPÍTULO 5	61
ESTRATÉGIAS DE O&M UTILIZADAS NA GESTÃO DE DESEMPENHO DOS PARQUES EÓLICAS, EM TEMPO REAL, PÓS OPERAÇÃO E ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO NO CURTO E MÉDIO PRAZO, MOSTRANDO OS RESULTADOS OBTIDOS COM A UTILIZAÇÃO DE BIGDATA, BUSINESS INTELLIGENCE E MACHINE LEARNING	
Flávio Martins ribeiro	
Marcus Antonius Queiroz da Cunha	
DOI 10.22533/at.ed.6882007075	
CAPÍTULO 6	72
IMPACT OF HOURLY PRICES ON FUTURE WIND FARM CONTRACTS IN BRAZIL	
João Carlos De Oliveira Mello	
Cláudio Ferreira	
Lucas Soares	
André Castro	
Daniela Souza	
Evelina Neves	
DOI 10.22533/at.ed.6882007076	

CAPÍTULO 7	83
DESAFIOS ENCONTRADOS NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS NO COMPLEXO TERMELÉTRICO JORGE LACERDA	
Liliana Dutra dos Santos	
Rofferson Rosa Izidoro	
Daniel José Schmitz de Aguiar	
Fábio Silveira Costa	
Juceli Locks Junior	
DOI 10.22533/at.ed.6882007077	
CAPÍTULO 8	96
AVALIAÇÃO DE ESFORÇOS DINÂMICOS EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DE PARÂMETROS ENVOLVIDOS NO CÁLCULO PARA ESTRUTURAS DE SUBESTAÇÕES	
Rafael Faria da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.6882007078	
CAPÍTULO 9	108
ESTUDO E SIMULAÇÃO DE PROTEÇÃO DE ZONA MORTA EM SUBESTAÇÃO DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	
Rodrigo Niederauer da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.6882007079	
CAPÍTULO 10	121
ELETROENCEFALÓGRAFO DE BAIXO CUSTO: CONCEITOS E PROJETO	
Vitor Nestro Rauffmann	
Pedro Bertemes Filho	
DOI 10.22533/at.ed.68820070710	
CAPÍTULO 11	135
FONTES DE CORRENTE EM TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA MULTIFREQUENCIAL: ESTADO DA ARTE	
Lucas Cordeiro Butzke	
Pedro Bertemes Filho	
DOI 10.22533/at.ed.68820070711	
CAPÍTULO 12	148
TEORIA E ESTUDOS DE APLICAÇÕES DA TRANSFORMADA FRACIONAL DE FOURIER	
Leonardo Audalio Ferreira do Nascimento	
Adailton Braga Júnior	
Beatriz Cristina Reis Cordeiro	
Marcelo Luiz de Carvalho Ribeiro	
Pierre Teixeira Rodrigues	
Petrus Luiz Luna Pequeno	
Antônio Carlos Duarte Ricciotti	
Viviane Barrozo da Silva Duarte Ricciotti	
DOI 10.22533/at.ed.68820070712	

CAPÍTULO 13	166
RELÉ INTELIGENTE BASEADO NA LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA DE 4 VALORES MULTIFUNCIONAL - RI LPA4V	
Viviane Barrozo da Silva Ghendy Cardoso Júnior Antonio Carlos Duarte Ricciotti Pierre Teixeira Rodrigues Marcelo Luiz De Carvalho Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.68820070713	
CAPÍTULO 14	179
OPEN SOURCE MODULAR DIDACTIC PLATFORM FOR POWER ELECTRONICS TEACHING	
Lucas Koleff Gustavo Soares Valentim Luciana da Costa Marques Victor Praxedes Rael Adrian D'Lucas Cardoso Gonçalves Wilson Komatsu Lourenço Matakas Junior	
DOI 10.22533/at.ed.68820070714	
CAPÍTULO 15	204
AUTOMAÇÃO DA CABINE DE LIMPEZA DE IMPRESSÃO 3D BINDER JETTING	
João Batista Machado Silva Leonardo Bevilaqua dos Santos Lucas Leandro Gomes Mariana Silva do Nascimento Gonçalves Vinícius de Moares Barboza Rogério Luis Spagnolo da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.68820070715	
CAPÍTULO 16	218
USO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA OBTENÇÃO DE UM SENSOR AR/COMBUSTÍVEL VIRTUAL APLICADO A UM MOTOR MONOCILÍNDRICO	
Leonardo Faure Nardini Paschoa Sergio Ribeiro Augusto	
DOI 10.22533/at.ed.68820070716	
CAPÍTULO 17	229
INVESTIGAÇÃO DOS MÉTODOS NORMATIVOS PARA O CÁLCULO E ESTIMAÇÃO DA TEMPERATURA DO TOPO DO ÓLEO EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA	
Daniel Carrijo Polonio Araujo Gabriel De Souza Pereira Gomes Mateus Batista De Moraes Rafael Prux Fehlberg	
DOI 10.22533/at.ed.68820070717	
CAPÍTULO 18	242
MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM A UTILIZAÇÃO DE MANTA TÉRMICA: ESTUDO DE CASO DE UMA INJETORA DE PEÇAS PLÁSTICAS	
Ivo Carlos Guarato Júnior Lúcio Rogério Júnior Antônio Manoel Batista da Silva Guilherme Henrique Alves	
DOI 10.22533/at.ed.68820070718	

CAPÍTULO 19	254
DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE UM SISTEMA PARA PESQUISA DE PRODUTOS DE SUPERMERCADO	
Marcelo Garcia Palma	
DOI 10.22533/at.ed.68820070719	
SOBRE OS ORGANIZADORES.....	271
ÍNDICE REMISSIVO	272

AVALIAÇÃO DE ESFORÇOS DINÂMICOS EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DE PARÂMETROS ENVOLVIDOS NO CÁLCULO PARA ESTRUTURAS DE SUBESTAÇÕES

Data de aceite: 01/06/2020

Data de submissão: 06/03/2020

Rafael Faria da Silva

TSE – Tecnologia em Sistemas Elétricos

Itajubá – MG

<http://lattes.cnpq.br/7122370536834999>

RESUMO: Este trabalho apresenta uma análise de sensibilidade para os esforços dinâmicos em estruturas de subestações isoladas a ar em função da variação de alguns dos vários parâmetros envolvidos no cálculo dessas grandezas, tais como: comprimento do vão, número de espaçadores, bitola do condutor e flecha adotada. Apresentam-se, de forma resumida, as metodologias para o cálculo dos esforços estáticos e dinâmicos. Por fim, apresentam-se as análises comparativas para a variação dos parâmetros envolvidos no cálculo. O objetivo do trabalho é fornecer ao leitor informações e resultados para que se tenha dimensão da influência de certas variáveis no resultado dos esforços dinâmicos em condutores flexíveis.

PALAVRAS-CHAVE: Esforços Dinâmicos, IEC 60865-1, Subestações Isoladas a Ar,

Condutores Flexíveis

ASSESSMENT OF DYNAMIC TENSILE FORCES IN SUBSTATIONS STRUCTURES DUE TO VARIATION OF PARAMETERS USED IN THEIR CALCULATION

ABSTRACT: This paper presents an assessment of dynamic tensile forces due to variation of some parameters related to their calculation: length of the span, quantity of spacers, diameter of conductor e sag of the span. The calculation methodologies of static and dynamic tensile forces are presented. After that, results of calculation for dynamic tensile forces are presented for variation of some parameters related to their calculation. The main goal of this paper is to provide information for the reader about the influence of certain parameters in the results of dynamic tensile forces.

KEYWORDS: Dynamic Tensile Forces, IEC 60865-1, Air Insulated Substations, Flexible Conductors.

1 | INTRODUÇÃO

O dimensionamento das estruturas de suporte é uma etapa importante do projeto de

uma subestação. Estas estruturas devem suportar as forças a elas impostas verticalmente, transversalmente e longitudinalmente. Verticalmente, tem-se o peso dos condutores de fase, cabos-guarda, cadeias de isoladores, ferragens, polos de seccionadoras, entre outros. Transversalmente, tem-se a força devida ao efeito dos ventos atuando sobre cadeias de isoladores, condutores de fase e cabos-guarda. Longitudinalmente, tem-se a tração estática - determinada para as condições de flecha adotadas no projeto - e as trações dinâmicas, devidas à passagem da corrente de curto-circuito pelos condutores de fase. Os esforços dinâmicos compreendem três forças de tração: a tração $F_{t,d}$ de *swing-out* originada da força entre os condutores de fase, a tração $F_{f,d}$ de *drop-back* resultante do movimento do condutor de volta à posição original no momento em que a passagem da corrente de curto-circuito cessa e, por fim, a força de tração $F_{pi,d}$ de *pinch* resultante da interação entre subcondutores de uma mesma fase para o caso de utilização de mais de um condutor por fase (bundle). Estruturas sobredimensionadas representam gastos desnecessários ao empreendimento, enquanto estruturas subdimensionadas representam um risco à integridade da instalação e ao sistema elétrico ao qual a subestação se conecta.

Este trabalho é fruto de uma dissertação de mestrado desenvolvida durante o período 2015-2018 na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) e das experiências profissionais do autor que, desde 2014, atua como consultor na área de projetos e estudos elétricos especializados.

Ao longo destes anos de trabalho, obteve-se acesso a diversas memórias de cálculos de esforços em estruturas de diversas empresas e consultorias nacionais e, para elaboração do trabalho de mestrado, obteve-se acesso também a memórias e relatórios de algumas empresas multinacionais. A análise destes relatórios e o contato com outras empresas que atuam no ramo mostrou que não há consenso com relação à aplicação das metodologias de cálculo dos esforços dinâmicos e que existe divergência na maneira de considerar estes esforços para o dimensionamento das estruturas.

Apesar da existência da norma internacional, a IEC 60865-1, que estabelece a metodologia de cálculo detalhada, observou-se que os esforços dinâmicos são muitas vezes negligenciados no dimensionamento das estruturas. Em outros casos, as memórias e cálculo eram incompletas e continham erros nas premissas adotadas para os cálculos.

Em 2017, no XXIV SNPTEE, um artigo foi apresentado abordando a utilização dos efeitos simultâneos de vento e curto-circuito para o cálculo dos esforços em estruturas. Apesar da brochura do CIGRÉ, na qual a norma IEC 60865-1 foi baseada não recomendar a consideração de vento e curto-circuito simultaneamente, um dos clientes da empresa exigiu que esta condição fosse considerada. Durante o evento, o tema gerou uma boa discussão. No entanto, percebe-se que hoje, dois anos depois, muito ainda há que se discutir com relação a esse tema.

Este trabalho apresenta de forma resumida a metodologia para determinação dos esforços estáticos e o procedimento apresentado na norma IEC60865-1 para a

determinação dos esforços dinâmicos em condutores flexíveis. Por fim é realizada a avaliação dos efeitos da variação de alguns parâmetros utilizados no cálculo dos esforços dinâmicos e os resultados são apresentados em forma de gráficos.

2 | ESFORÇOS ESTÁTICOS

A metodologia para o cálculo de esforços estáticos, resumida abaixo, é apresentada em detalhes no livro “*Overhead Power Lines: Planning, Design, Construction*”.

A flecha pode ser obtida a partir da expansão em série de potência do cosseno hiperbólico, considerando apenas o primeiro termo série e supondo os suportes à mesma altura:

$$f = \frac{H}{m_c \cdot g} \cdot \left[\cosh\left(\frac{m_c \cdot g \cdot a}{2 \cdot H}\right) - 1 \right] = \frac{H}{m_c \cdot g} \cdot \left[1 + \left(\frac{m_c \cdot g \cdot a}{2 \cdot H}\right)^2 - 1 \right] = \frac{m_c \cdot g \cdot a^2}{8 \cdot H}$$

A equação de mudança estado, responsável por determinar as trações para condições diferentes da condição inicial, é apresentada a seguir:

$$\frac{E \cdot A \cdot (a \cdot m_{c2} \cdot g)^2}{24} = H_2^2 \cdot \left[H_2 - H_1 + \frac{E \cdot A \cdot (a \cdot m_{c1} \cdot g)^2}{24 \cdot H_1^2} + E \cdot A \cdot \alpha \cdot \Delta\theta \right]$$

3 | ESFORÇOS DINÂMICOS

Nesta seção são apresentadas as considerações para os cálculos dos esforços dinâmicos devidos à passagem das correntes de curto-circuito pelos condutores flexíveis da subestação. O procedimento completo de cálculo é apresentado na norma IEC 60865-1.

Primeiramente, calcula-se a força eletromagnética característica por unidade de comprimento em condutores flexíveis:

$$F' = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot 0,75 \cdot \frac{(I_K'')^2}{a} \cdot \frac{l_C}{V}$$

Determina-se, então, a relação entre a força eletromagnética característica “F” e a gravidade:

$$r = \frac{F'}{n \cdot m_s \cdot g}$$

A direção “ δ ” da força resultante entre o peso do condutor e a força eletromagnética característica “F” é dada por:

$$\delta_1 = \tan^{-1}(r)$$

O cálculo do período de oscilação do condutor depende da flecha no meio do vão que foi determinada no cálculo dos esforços estáticos ou pode ser calculada em função da tração estática “ F_{st} ”, conforme segue:

$$f_{es} = \frac{n \cdot m_s \cdot g \cdot l^2}{8 \cdot F_{st}}$$

O período de oscilação do condutor, considerando uma flecha constante, é dado pela expressão:

$$T = 2 \pi$$

$$\delta_{\text{end}} = \begin{cases} \delta_1 \cdot \left[1 - \cos \left(360^\circ \cdot \frac{T_{k1}}{T_{\text{res}}} \right) \right], & \text{para } 0 \leq \frac{T_{k1}}{T_{\text{res}}} \leq 0,5 \\ 2 \cdot \delta_1, & \text{para } \frac{T_{k1}}{T_{\text{res}}} > 0,5 \end{cases}$$

O cálculo do máximo ângulo de oscilação depende de um parâmetro “ χ ” dado por:

$$\chi =$$

$$v_1 = f \cdot \frac{1}{\sin\left(\frac{180^\circ}{n}\right)} \cdot \frac{(a_s - d) \cdot m_s'}{\sqrt{\frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \left(\frac{I_k}{n}\right)^2 \cdot \frac{n-1}{a_s}}}$$

O fator “ v_2 ” depende do fator “ v_1 ” calculado e pode ser obtido pela expressão:

$$v_2 = \frac{\sin(4 \cdot \pi \cdot f \cdot T_{pi} - 2 \cdot \gamma) + \sin(2 \cdot \gamma)}{4 \cdot \pi \cdot f \cdot T_{pi}} + \frac{f \cdot \tau}{f \cdot T_{pi}} \left(1 - e^{-\frac{2 \cdot f \cdot T_{pi}}{f \cdot \tau}}\right) \sin^2(\gamma) -$$

$$- \frac{8 \cdot \pi \cdot f \cdot \sin(\gamma)}{1 + (2 \cdot \pi \cdot f \cdot \tau)^2} \left\{ \left(2 \cdot \pi \cdot f \cdot \tau \frac{\cos(2 \cdot \pi \cdot f \cdot T_{pi} - \gamma)}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot T_{pi}} + \frac{\sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot T_{pi} - \gamma)}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot T_{pi}}\right) e^{-\frac{f \cdot T_{pi}}{f \cdot \tau}} \right.$$

$$\left. + \frac{\sin(\gamma) - 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \tau \cdot \cos(\gamma)}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot T_{pi}} \right\}$$

$$\frac{1}{\tau} = -\frac{2 \cdot \pi \cdot f}{3} \cdot \ln\left(\frac{\kappa - 1,02}{0,98}\right), \text{ para } \kappa \geq 1,1 \text{ e } \gamma = \tan^{-1}(2 \cdot \pi \cdot f \cdot \tau)$$

Se $\kappa < 1,1$, o valor 1,1 deve ser utilizado;

$f \cdot T_{pi}$ é a solução da equação:

$$v_1 = f \cdot T_{pi} \cdot \sqrt{v_2}$$

O fator “ v_3 ” depende diretamente da relação entre a distância entre os subcondutores “ a_s ” e o diâmetro do condutor “ d ” e é calculado pela equação abaixo.

$$v_3 = \frac{\frac{d}{a_s}}{\sin\left(\frac{180^\circ}{n}\right)} \cdot \frac{\sqrt{\frac{a_s}{d} - 1}}{\tan^{-1}\sqrt{\frac{a_s}{d} - 1}}$$

A partir dos valores calculados de “ v_2 ” e “ v_3 ” determina-se a força “ F_v ”, relativa à passagem da corrente de curto-circuito, que representa a força de atração entre os subcondutores do *bundle*.

$$F_v = (n - 1) \cdot \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \left(\frac{I_k}{n}\right)^2 \cdot \frac{l_s}{a_s} \cdot \frac{v_2}{v_3}$$

Dois fatores relativos à contração do bundle são calculados: “ ϵ_{st} ” e “ ϵ_{pi} ”.

$$\epsilon_{st} = 1,5 \cdot \frac{F_{st} \cdot l_s^2 \cdot N}{(a_s - d)^2} \cdot \sin^2\left(\frac{180^\circ}{n}\right)$$

$$\epsilon_{pi} = 0,375 \cdot n \cdot \frac{F_v \cdot l_s^3 \cdot N}{(a_s - d)^3} \cdot \sin^3\left(\frac{180^\circ}{n}\right)$$

O parâmetro “ j ” determina a configuração dos subcondutores durante o curto-circuito, A partir deste cálculo é possível determinar se os condutores colidem ou se a distância entre eles é apenas reduzida sem colisão.

$$j = \sqrt{\frac{\epsilon_{pi}}{1 + \epsilon_{st}}}$$

A força “ $F_{pi,d}$ ” é calculada de diferentes formas para cada uma dessas condições.

3.1 Caso em que há colisão – $j \geq 1$

Dois outros fatores são calculados:

$$v_4 = \frac{a_s - d}{d}$$

$$v_e = \frac{1}{2} \left[\frac{9}{8} \cdot n \cdot (n-1) \cdot \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \left(\frac{I_k}{n} \right)^2 \cdot N \cdot v_2 \cdot \left(\frac{l_s}{a_s - d} \right)^4 \cdot \frac{\text{sen}^4 \left(\frac{180^\circ}{n} \right)}{\xi^3} \cdot \left\{ 1 - \frac{\tan^{-1} \sqrt{v_4}}{\sqrt{v_4}} \right\} - \frac{1}{4} \right]^{1/2}$$

O valor da força de pinçamento é dado pela equação:

$$F_{pi,d} = F_{st} \cdot \left(1 + \frac{v_e}{\epsilon_{st}} \cdot \xi \right)$$

Ressalta-se que a força “ $F_{pi,d}$ ” depende diretamente do valor do esforço estático e de um parâmetro “ ξ ” que é obtido por:

$$\xi^3 + \epsilon_{st} \cdot \xi^2 - j^2 \cdot (1 + \epsilon_{st}) = 0 \quad \frac{2}{j^3} \leq \xi \leq j$$

3.2 Caso em que não há colisão – $j < 1$

Dois outros fatores são calculados:

$$v_4 = \eta \cdot \frac{a_s - d}{a_s - \eta \cdot (a_s - d)}$$

$$v_e = \frac{1}{2} + \left[\frac{9}{8} \cdot n \cdot (n-1) \cdot \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \left(\frac{I_k}{n} \right)^2 \cdot N \cdot v_2 \cdot \left(\frac{l_s}{a_s - d} \right)^4 \cdot \frac{\text{sen}^4 \left(\frac{180^\circ}{n} \right)}{\eta^4} \cdot \left\{ 1 - \frac{\tan^{-1} \sqrt{v_4}}{\sqrt{v_4}} \right\} - \frac{1}{4} \right]^{1/2}$$

O valor da força de pinçamento é dado pela expressão:

$$F_{pi,d} = F_{st} \cdot \left(1 + \frac{v_e}{\epsilon_{st}} \cdot \eta^2 \right)$$

A força “ $F_{pi,d}$ ” para este caso também depende diretamente do valor do esforço estático e de um parâmetro “ η ”, que pode ser obtido pelas expressões a seguir:

$$\eta^3 + \epsilon_{st} \cdot \eta - j^2 \cdot (1 + \epsilon_{st}) \cdot f_n = 0$$

$$0 \leq \eta \leq 1$$

Para determinação de “ f_n ” a sequência de expressões abaixo deve ser utilizada:

$$f_n = \frac{v_3}{\frac{a_{sw}}{a_s}}$$

$$\frac{a_{sw}}{a_s} = \frac{2 \cdot \frac{y_a}{a_s}}{\sin\left(\frac{180^\circ}{n}\right)} \cdot \frac{\sqrt{\frac{1 - 2 \cdot \frac{y_a}{a_s}}{2 \cdot \frac{y_a}{a_s}}}}{\tan^{-1} \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot \frac{y_a}{a_s}}{2 \cdot \frac{y_a}{a_s}}}}$$

$$2 \cdot \frac{y_a}{a_s} = 1 - \eta \cdot \left(1 - \frac{d}{a_s}\right)$$

4 | RESULTADOS

Este item apresenta a análise de sensibilidade dos resultados para os esforços dinâmicos considerando a variação de alguns dos parâmetros envolvidos no cálculo.

Consideraram-se, de forma geral, os seguintes dados: cadeias de isoladores de 300 kg (500 kV) e 65 kg (138 kV), com 6 m (500 kV) e 2,75 m (138 kV), flecha de 3,5% para ambas as classes de tensão, constante S de 650000 N/m (500 kV) e 75000 N/m (138 kV), corrente de curto-circuito de 63 kA (500 kV) e 31,5 kA (138 kV), espaçamento entre subcondutores de 0,457 m (500 kV) e 0,2 m (138 kV), distância entre fases de 8,0 m (500 kV) e 3 m (138 kV) e 3 espaçadores no vão para os vãos de ambos os setores. Para o setor de 500 kV foram considerados quatro condutores Rail 954 MCM por fase e para o setor de 138 kV foram considerados dois condutores Oriole 336,4 MCM por fase.

4.1 Variação do comprimento do vão

Os gráficos a seguir apresentam os resultados para diferentes comprimentos de vãos.

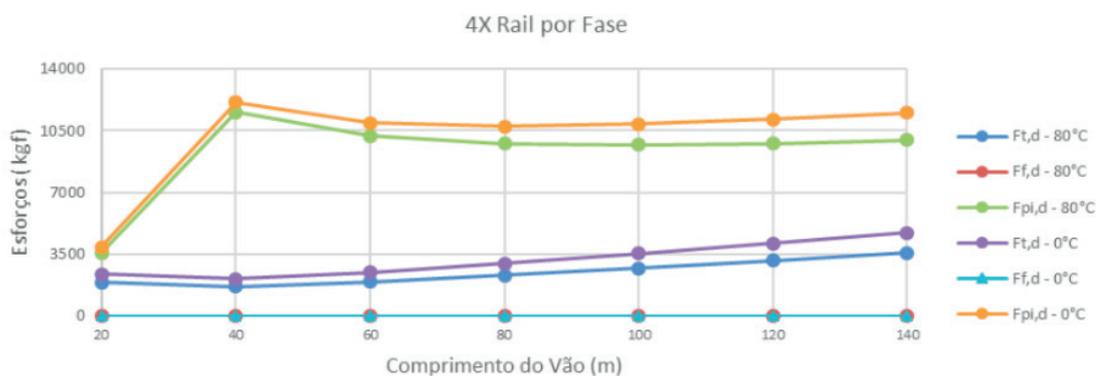


FIGURA 1 – Variação do comprimento do vão.

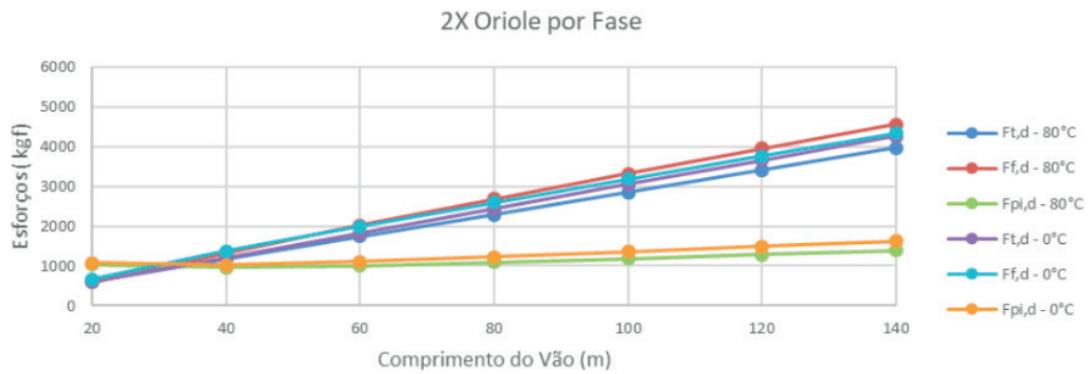


FIGURA 2 – Variação do comprimento do vão.

Para os condutores Rail, observa-se que, para o tempo de duração do curto-circuito utilizado, o efeito da força $F_{f,d}$ é desconsiderado. A força $F_{t,d}$ acompanha o efeito observado para as forças estáticas e aumenta com o aumento do comprimento do vão. A força $F_{pi,d}$ apresenta um pico por volta dos 40 metros de comprimento e, para comprimentos superiores, é reduzida. Observa-se que a força de *pinch* para um vão de 40 metros de comprimento é praticamente idêntica à força de *pinch* para um vão de 140 metros. Para o cabo Oriole observa-se que tanto $F_{t,d}$ quanto $F_{f,d}$ aumentam de acordo com o aumento do comprimento do vão. A força $F_{pi,d}$, apesar de aumentar, é bem menos influenciada pelo comprimento do vão. Ressalta-se que o número de espaçadores foi mantido constante para todos os casos analisados.

4.2 Variação do condutor utilizado

Para este caso, considerou-se um vão de 40 metros e um vão de 90 metros. Os seguintes condutores foram analisados:

Diâmetro do condutor em [cm]**														
2.7	2.8	2.9	3.0	3.0	3.3	3.4	3.4	3.5	3.5	3.6	3.6	4.4	4.5	4.6

**Os condutores com mesmo diâmetro possuem características físicas diferentes

Tabela 1 – Condutores utilizados.

Os gráficos a seguir apresentam os resultados para diferentes comprimentos de vãos.

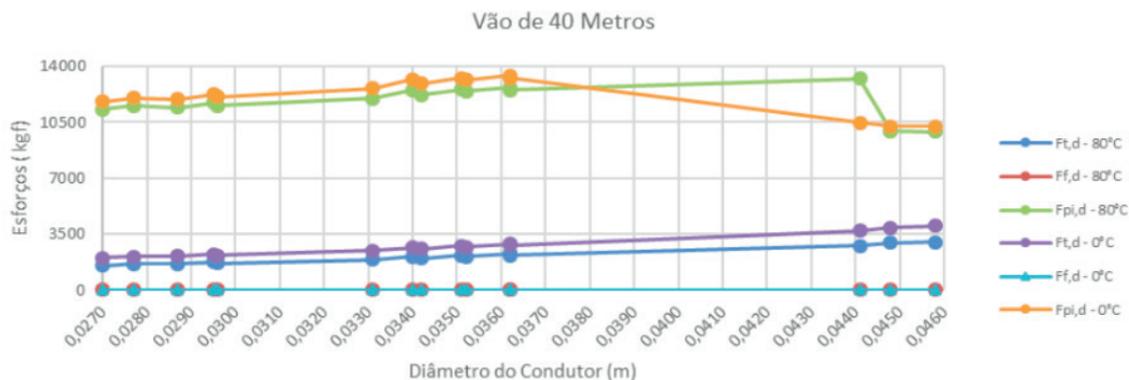


FIGURA 3 – Variação dos condutores utilizados – vão 40 metros.

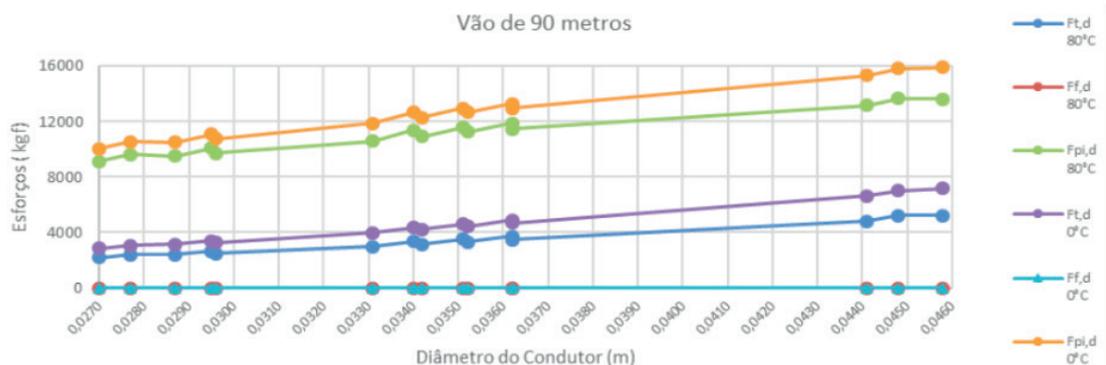


FIGURA 4 – Variação dos condutores utilizados – vão 90 metros.

Tanto a força $F_{t,d}$ quanto a força $F_{pi,d}$ são afetadas pela variação da bitola do condutor utilizado sendo que, para o menor vão, o efeito da variação do condutor é bem menos pronunciado. Como o número de espaçadores manteve-se inalterado, observa-se para o vão menor que, para os condutores com maior bitola, não há colisão efetiva destes, ocorrendo, portanto, redução dos valores de $F_{pi,d}$. O mesmo efeito não é observado para o vão de 90 metros.

4.3 Variação da flecha adotada

Para este caso, novamente adotaram-se os vão de 40 metros e 90 metros, considerando condutores Oriole e Rail, respectivamente, conforme utilizado no item 4.1.

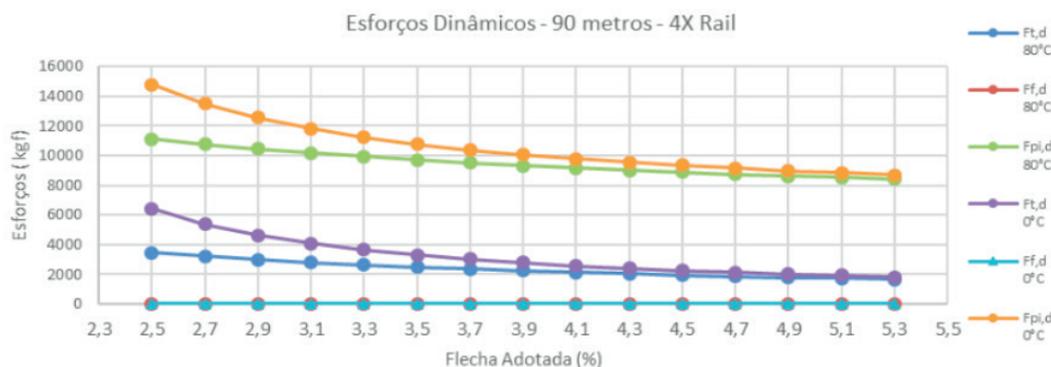


FIGURA 5 – Esforços dinâmicos – 90 metros – 4X Rail por fase.

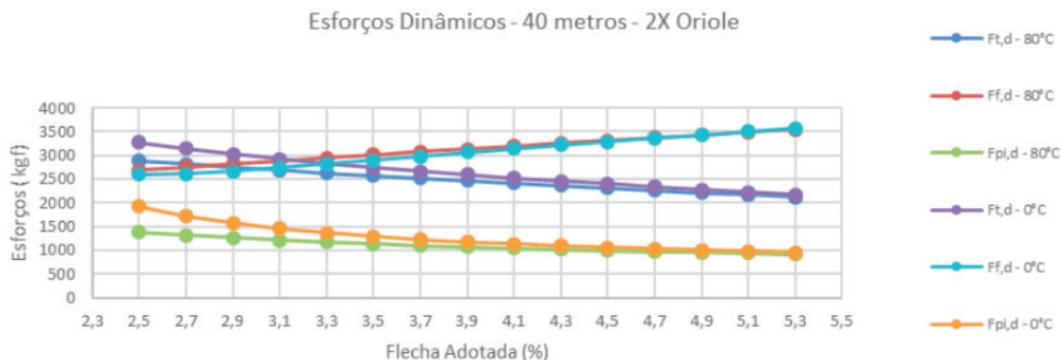


FIGURA 6 – Esforços dinâmicos – 40 metros – 2X Oriole por fase.

Com relação aos esforços dinâmicos, observa-se redução dos valores de $F_{t,d}$ e $F_{pi,d}$ com a redução dos valores dos esforços estáticos (flechas maiores implicam esforços estáticos menores), o que é natural, uma vez que há uma dependência direta dos valores dos esforços estáticos. Entretanto, observa-se que o valor de $F_{f,d}$ aumenta com o aumento da flecha. Isso se dá devido ao fato de que um condutor mais leve e com uma flecha maior acaba oscilando mais (maiores ângulos de oscilação). Apesar da tração inicial ser menor, o efeito da força de *drop-back* acaba sendo maximizado devido aos maiores ângulos de oscilação.

4.4 Variação do número de espaçadores

A figura abaixo apresenta o comportamento dos esforços dinâmicos para a variação do número de espaçadores. Considerou-se um vão de 90 metros para a análise com 4 condutores Rail por fase.

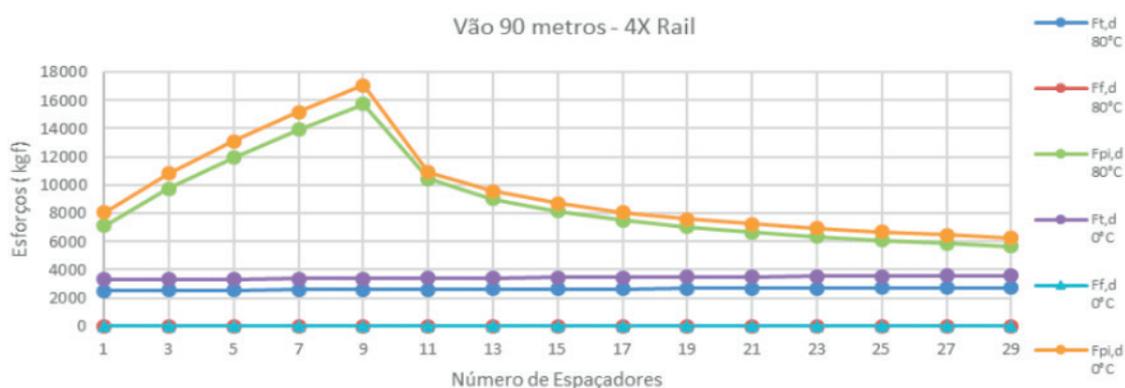


FIGURA 7 – Esforços dinâmicos – Variação do número de espaçadores.

O número de espaçadores influencia diretamente os esforços de *pinch*, conforme pode ser observado na figura acima. Há um valor a partir do qual os condutores deixam de colidir efetivamente e o resultado do esforço cai drasticamente. Em algumas memórias de cálculo analisadas ao longo dos anos de trabalho e durante a pesquisa para o mestrado,

observou-se que é comum aumentar ou reduzir o número de espaçadores no vão para reduzir os esforços de *pinch*. Os esforços devidos ao balanço e ao *drop-back* praticamente não são afetados.

5 | CONCLUSÃO

O principal objetivo do trabalho é sensibilizar o leitor com relação às grandezas envolvidas no cálculo de esforços dinâmicos em subestações isoladas a ar.

Observou-se ao longo dos anos de trabalho em consultoria que, apesar do tema possuir diretrizes e normas para cálculo, estas não têm sido aplicadas de forma adequada pelas empresas no território nacional. Vários foram os memoriais de cálculo analisados nesse período cujo conteúdo apresentava erros na aplicação das equações e, em muitos dos casos, erros na aplicação dos conceitos envolvidos. Esse fato poderia resultar em estruturas subdimensionadas que colocariam em risco a integridade da instalação e, conseqüentemente, do sistema da região ou poderia resultar em estruturas sobredimensionadas que aumentariam os custos envolvidos na construção da subestação.

Ressalta-se a necessidade de que esforços sejam feitos no sentido de padronizar e estabelecer uma forma de se considerar ou não os esforços dinâmicos no dimensionamento de estruturas de subestações isoladas a ar no país. Existem divergência sobre o assunto entre projetistas, consultorias e fabricantes.

REFERÊNCIAS

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 60865-1: Short-circuit currents - Calculation of effects. 3 ed. Genebra, 2015.

KIESSLING, F. et al. *Overhead Power Lines: Planning, Design, Construction*. 1. ed (em inglês). Berlin: Springer-Verlag, 2003. 759 p.

SILVA, R. F.; et al. Comparação dos Resultados Obtidos para os Esforços Devidos ao Efeito da Passagem de Correntes de Curto-Circuito em Barramentos Flexíveis de Subestações Isoladas a Ar Simultaneamente à Ação dos Ventos, Segundo as Normas NBR 5422, NBR 6123 e da NBR 8681. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 24, 2017, Curitiba.

SILVA, R. F.; Análise de Metodologia de Cálculo de Esforços Estáticos e Dinâmicos para Dimensionamento de Estruturas de Subestações Isoladas a Ar com Barramentos Flexíveis. 2018, 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Automação 10, 64, 94, 120, 133, 165, 204, 216, 256

C

Compulsória 1, 12

Confiabilidade 2, 18, 43, 45, 47, 94, 95, 133, 163, 166, 167, 173, 176

E

Eficiência energética 10, 242, 243, 244, 250, 252

Energética 10, 1, 2, 3, 8, 13, 37, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 58, 59, 242, 243, 244, 250, 252, 253

G

Geração 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 31, 33, 34, 35, 36, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 55, 56, 57, 59, 61, 64, 67, 83, 166, 167, 168, 173, 177, 243, 256

Geração distribuída 28, 31, 42, 45, 166, 173, 177

Grau 1, 4, 5, 10, 30, 32, 65, 66, 137, 162, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 263

I

Ilhamento 149, 150, 161, 163, 164, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177

Impressão 3D 10, 204, 206

Intermitência 2, 8, 15, 16, 17, 31, 40, 43, 45, 47, 49, 50

J

Jateamento 204, 207, 212, 213, 217

M

Manta térmica 10, 242, 244, 246, 248, 249, 250, 251, 252, 253

Máquina injetora 242, 245, 246, 251

Matriz de energia elétrica brasileira 8, 1, 2

N

Novas fontes 2, 43, 49

O

Oferta 1, 3, 8, 9, 10, 16, 29, 44, 45, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 57, 59, 167, 255

P

Paraconsistente 10, 166, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 176, 178

Pesquisa 7, 11, 6, 13, 37, 42, 44, 106, 120, 165, 204, 243, 244, 253, 254, 255, 256

Processamento 129, 130, 132, 133, 134, 137, 149, 150, 161, 163, 164, 165, 177, 243, 259, 261

Produtos 11, 44, 50, 206, 253, 254, 255, 256, 264, 265, 266

Proteção 9, 24, 29, 30, 34, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 166, 167, 172, 177, 231, 241, 242, 244, 246, 248, 250, 251, 252

Proteção térmica 242, 244, 246, 248, 250, 251, 252

R

Rede neural 166, 169, 173, 175, 176, 219, 220, 223, 224

Regularização 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 220, 225

Relé inteligente 10, 166, 168, 169, 171, 174, 175

S

Sazonalidade 1, 2, 5, 8, 9, 10, 29

Segurança 8, 5, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 23, 25, 26, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 59, 88, 91, 92, 93, 94, 138, 166, 167, 171, 217, 231, 246

Sinais 11, 121, 122, 123, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 136, 137, 148, 149, 150, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 168, 169, 172, 174, 175, 214, 245

Supermercado 11, 254, 255, 256, 268

T

Térmica 10, 1, 4, 8, 10, 11, 12, 21, 23, 44, 46, 47, 48, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 206, 230, 231, 232, 234, 242, 244, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253

Transformada de Fourier 149, 152

Transformada fracional de Fourier 9, 148, 149, 150, 157, 159, 161, 165

 **Atena**
Editora

2 0 2 0