

The background is a dark blue gradient. It features several white line-art gears of various sizes. In the center, there is a faint, semi-transparent image of a person's head in profile, looking downwards. The title 'Gears of the future' is written in a white, sans-serif font, with 'Gears' on the top line and 'of the future' on the bottom line, separated by a thin white horizontal line.

Gears of the future

Adriano Pereira da Silva
(Organizador)

 **Atena**
Editora
Ano 2022

The background is dark grey with a complex pattern of white and light grey gears of various sizes. In the center, there is a faint, light grey silhouette of a person's head and shoulders, looking upwards. The overall aesthetic is technical and futuristic.

Gears of the future

Adriano Pereira da Silva
(Organizador)

 **Atena**
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Adriano Pereira da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G292 Gears of the future / Organizador Adriano Pereira da Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-868-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.684220402>

1. Gears of the future. I. Silva, Adriano Pereira da (Organizador). II. Título.

CDD 303.49

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A coleção “Organização Gears of the future” versa a pluralidade científica e acadêmica, permeando as singularidades das várias obras que compõem os seus capítulos. O volume apresentará trabalhos, pesquisas, relatos que promovem as diversas formas da aplicação da engenharia de produção, de modo interdisciplinar e contextualizada, em sua gama de conteúdo iterativo.

O principal objetivo é expor, de forma categórica e clara, as pesquisas realizadas nas diversas instituições de ensino e pesquisa nacionais e internacionais, cujos trabalhos contemplam diretrizes relacionadas à automação, cromatografia, estilos de aprendizagem, identificação de sistemas, impressão 3d, melhoramento de solo, métodos numéricos, reconhecimento de padrões e áreas correlatas.

Portanto, os tópicos discutidos em sociedade, empresariado e academia, são trazidos para um âmbito crítico e estruturado, estabelecendo uma base de conhecimento para acadêmicos, professores e todos aqueles que estão interessados na engenharia de produção e/ou industrial. Assim, salienta-se a importância das temáticas abordadas nesta coleção, visto pela evolução das diferentes ferramentas, métodos e processos que a indústria 4.0 desenvolveu ao longo do tempo e sendo capaz de solucionar problemas atuais e vindouros.

Deste modo, esta obra propõe uma teoria a partir dos resultados práticos obtidos por diversos professores e estudiosos que trabalharam intensamente no desenvolvimento de seus trabalhos, que será apresentada de forma concisa e pedagógica. Sabemos da importância da divulgação científica, por isso também destacamos a estrutura da Atena Editora para fornecer a esses entusiastas da pesquisa científica uma plataforma integrada e confiável para a exibição e divulgação de seus resultados.

Adriano Pereira da Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

RETROSPECTIVA DE LA FORMACIÓN DEL INGENIERO FORESTAL ANTE LA CRISIS AMBIENTAL DEL PLANETA

Zazil Ha Mucui Kac García Trujillo

Alicia Avitia Deras

Jorge Antonio Torres Pérez

Martha Alicia Cazares Moran

Víctor Manuel Interian Ku

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6842204021>

CAPÍTULO 2..... 14

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE PROJETO DE TÚNEIS EM MACIÇOS FRATURADOS

Frederico Veiga Ribeiro Gonçalves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6842204022>

CAPÍTULO 3..... 30

CONTROLE ADAPTATIVO USADO EM DOIS ELOS DE UM ROBÔ ELETROMECAÂNICO DE CINCO GRAUS DE LIBERDADE

José Antonio Riul

Paulo Henrique de Miranda Montenegro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6842204023>

CAPÍTULO 4..... 42

DESENVOLVIMENTO DE UM KIT DIDÁTICO COM SENSOR DE TEMPERATURA E BARRA DE LEDS UTILIZANDO UM MICROCONTROLADOR COM NÚCLEO 8051

Eduardo Batista dos Santos

Salvador Pinillos Gimenez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6842204024>

CAPÍTULO 5..... 59

DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DE LIGAÇÕES CRUZADAS EM BORRACHA NATURAL PARA DIFERENTES SISTEMAS DE VULCANIZAÇÃO

Arthur Pimentel de Carvalho

Harison França do Santos

Carlos Toshiyuki Hiranobe

Eduardo Roque Budemberg

Gabriel Deltrejo Ribeiro

Giovanni Barrera Torres

Jose Francisco Resende

Leonardo Lataro Paim

Leandra Oliveira Salmazo

Miguel Ángel Rodríguez Pérez

Renivaldo José dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6842204025>

CAPÍTULO 6..... 73

BIOMATERIALS FOR THE STUDY OF CANCER

Nicolas Lara

Maria Inês Basso Bernardi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6842204026>

CAPÍTULO 7..... 90

INFLUENCIA DEL CLIMA EN EL CRECIMIENTO RADIAL EN UNA PLANTACIÓN DE *Pinus greggii* EN SANTIAGO DE ANAYA HIDALGO, MÉXICO

Pedro Antonio Domínguez-Calleros

Rodrigo Rodríguez-Laguna

José Rodolfo Goché Télles

Norberto Domínguez-Amaya

Héctor Manuel Loera-Gallegos

Jesús Alejandro Soto-Cervantes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6842204027>

CAPÍTULO 8..... 102

INVESTIGAÇÃO HIDROLÓGICA DA MICRO BACIA DO CÓRREGO DO AFLUENTE DO VEADO, NO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE – SP

Karen Caroline Rodrigues Ferreira

Alexandre Teixeira De Souza

Gabriel Itada Tamagno

Elson Mendonça Felici

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6842204028>

CAPÍTULO 9..... 112

MELHORAMENTO DE SOLO UTILIZANDO MARTELO VIBRATÓRIO: UM ESTUDO DE CASO

Fábio Lopes Soares

Guilherme Ogliari Oliveria

Rhuan Francisco Antunes de Vasconcelos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6842204029>

CAPÍTULO 10..... 124

RENDIMENTO E ÁCIDOS GRAXOS DOS FRUTOS DE *Calophyllum brasiliensis* CAMBESS NO SUL DO TOCANTINS

Maria Cristina Bueno Coelho

Bonfim Alves Souza

Max Vinícios Reis de Sousa

Wádilla Morais Rodrigues

Yandro Santa Brigida Ataide

Mathaus Messias Coimbra Limeira

Mauro Luiz Erpen

Maurilio Antonio Varavallo

Juliana Barilli

Marcos Giongo

Damiana Beatriz da Silva
André Ferreira dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040210>

CAPÍTULO 11..... 137

DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE OPERAÇÃO DA EXTRAÇÃO LÍQUIDO –
LÍQUIDO EM REGIME CONTÍNUO DOS ELEMENTOS TERRAS RARAS SAMÁRIO E
EURÓPIO

Ysrael Marrero Vera
Gabriel Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040211>

CAPÍTULO 12..... 141

EVOLUTION METHODOLOGY OF BIOABSORBABLE POLYMERIC STRUCTURES IN
THE APPLICATION OF STENTING AORTIC COARCTATION IN NEONATES

Rosana Nunes Santos
Aron José Pazin Andrade
Tiago Senra Garcia Santos
Gustavo Caravita Andrade
Carlos Augusto Cardoso Pedra
Flávio José dos Santos
Bruno Agostinho Hernandez
Edson Antonio Capello Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040212>

CAPÍTULO 13..... 155

LA WEBQUEST COMO PROPUESTA DE ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE
PARA ALUMNOS DE INGENIERÍAS

Carlos David Zapata y Sánchez
Guadalupe López Molina

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040213>

CAPÍTULO 14..... 168

O USO DE GEOTÊXTIL PARA O CONTROLE DE DRENAGEM DE ÁGUA DE SUPERFÍCIE
- A SOLUÇÃO UTILIZADA PARA FECHAMENTO ADEQUADO DE UMA PILHA ESTÉRIL

Christ Jesus Barriga Paria
Hernani Mota de Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040214>

CAPÍTULO 15..... 180

OTIMIZAÇÃO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA CURTIDORA DE
PELES EM PRESIDENTE PRUDENTE – SP

Karen Caroline Rodrigues Ferreira
Alexandre Teixeira De Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040215>

CAPÍTULO 16..... 189

TÓPICOS DE ENERGIA LIMPA E MAPAS COGNITIVOS FUZZY APLICADOS EM ANÁLISE DE SATISFAÇÃO NA INSTALAÇÃO DE SOLAR FOTOVOLTAICO

Márcio Mendonça
Marta Rúbia Pereira dos Santos
Célia Cristina Faria
Fábio Rodrigo Milanez
Francisco de Assis Scannavino Junior
Wagner Fontes Godoy
Rodrigo Henrique Cunha Palácios
Marco Antônio Ferreira Finocchio
Carlos Alberto Paschoalino
Gustavo Henrique Bazan
Ricardo Breganon
Uiliam Nelson Lenzion Tomaz Alves
Marcos Antônio de Matos Laia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040216>

CAPÍTULO 17..... 203

RECONHECIMENTO DE PADRÕES EM SINAIS EMG COM REDE NEURAL PARA IMPLEMENTAÇÃO EM BRAÇO ROBÓTICO

Evelyne Lopes Ferreira
Maury Meirelles Gouvêa Jr.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040217>

CAPÍTULO 18..... 212

SEPARAÇÃO DE TÉRPIO E DISPRÓSIO A PARTIR DA TÉCNICA DE EXTRAÇÃO POR SOLVENTES

Ysrael Marrero Vera
Izabel Nunes Ivancko
João Marcos Batista do Nascimento

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040218>

CAPÍTULO 19..... 221

VIVER A CIDADE: UMA ANÁLISE A PARTIR DA APROPRIAÇÃO DO ESPAÇO PÚBLICO URBANO

Anicoli Romanini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040219>

CAPÍTULO 20..... 233

SimP - BANCADA VIRTUAL PARA LABORATÓRIOS DE AUTOMAÇÃO PNEUMÁTICA, HIDRÁULICA, ACIONAMENTO DE MOTORES E CONTROLADORES DE PROCESSO – UM CASO EM EVOLUÇÃO

Sergio Adalberto Pavani
Cesar Tadeu Pozzer
Paulo Roberto Colusso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040220>

CAPÍTULO 21	243
AVALIAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DE FALTAS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO UTILIZANDO UM SIMULADOR EM TEMPO REAL	
William Pinheiro Silva	
Damásio Fernandes Júnior	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040221	
CAPÍTULO 22	257
von MISES TAPERING: A NEW CIRCULAR WINDOWING	
Hélio Magalhães de Oliveira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040222	
SOBRE O ORGANIZADOR	272
ÍNDICE REMISSIVO	273

AValiação DA LOCALIZAÇÃO DE FALTAS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO UTILIZANDO UM SIMULADOR EM TEMPO REAL

Data de aceite: 01/01/2022

William Pinheiro Silva

Graduado e Mestre em Engenharia Elétrica,
Departamento de Engenharia Elétrica, UFCG
Campina Grande, PB

Damáσιο Fernandes Júnior

D.Sc., Professor, Departamento de Engenharia
Elétrica, UFCG
Campina Grande, PB

RESUMO: Ao possibilitarem o transporte de energia elétrica – desde sua geração até os centros consumidores – as linhas de transmissão (LT) possuem um papel de extrema importância para os sistemas elétricos de potência (SEP), viabilizando o transporte da energia elétrica até o seu destino final. Por possuírem grandes extensões, as LT são bastante susceptíveis a ocorrência de distúrbios devido a causas naturais como, por exemplo, descargas atmosféricas e curtos-circuitos, popularmente denominados de faltas e considerados como o tipo de distúrbio mais preocupante para o SEP. As concessionárias de energia buscam realizar a análise e a localização desses defeitos de forma rápida e contínua, por isso é de extrema importância a promoção de estudos de métodos eficientes para localização de faltas e voltados para o desenvolvimento e o aprimoramento dessas técnicas. Percebe-se a nítida dificuldade de localizar faltas em longas LT quando não se dispõe de uma estimativa inicial do local do defeito, assim, este projeto tem por objetivo realizar uma avaliação e a

implementação do método baseado na teoria de ondas viajantes para a localização de faltas em LT em uma ferramenta de simulação em tempo real, o RTDS™ (*Real Time Digital Simulator*), adquirido pela UFCG. Para a validação do método, serão consideradas diferentes situações, tais como ângulo de incidência, ponto de falta, tipo de falta e resistência de falta, verificando assim a eficiência do método em condições diversas.

PALAVRAS-CHAVE: Localização de faltas, Distúrbios elétricos, Transitórios eletromagnéticos, RTDS™.

EVALUATION OF FAULTS LOCATION IN TRANSMISSION LINES USING A REAL TIME SIMULATOR

ABSTRACT: By enabling the transportation of electric energy - from generation to consumer centers - transmission lines (TL) have an extremely important role for the electric power systems, because they make possible the transportation of electric energy to the final destination. Due to their large extensions, the transmission lines are quite susceptible to the occurrence of disturbances provoked by natural causes such as, atmospheric discharges and short circuits, popularly called faults and considered as one of worst type of disturbance for the electrical system. The energy companies seek to perform the analysis and location of these defects in a fast and continuous way, so it is extremely important to promote studies of efficient methods for locating faults and for the development and improvement of these techniques. It is possible to observe the clear difficulty of locating faults in long transmission lines when an initial estimate of the

local defect is not available, so this project aims to carry out an evaluation and implementation of the method based on the theory of traveling waves for the location of faults in transmission lines in a real time simulation tool, RTDS™ (Real Time Digital Simulator), acquired by the UFCG. For the validation of the method, different situations will be considered, such as angle of incidence, fault point, type of fault and fault resistance, thus verifying the efficiency of the method under different conditions.

KEYWORDS: Fault location, Electrical Disturbances, Electromagnetic Transients, RTDS™.

INTRODUÇÃO

Segundo dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), o sistema de transmissão nacional já soma mais de 125.000 km de extensão. Só a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf) possui aproximadamente 20.000 km de linhas de transmissão (LT) operando nas tensões de 500 kV, 230 kV, 138 kV e 69 kV.

Quanto maiores as linhas de transmissão, maior é a susceptibilidade destas à ocorrência de distúrbios. A geografia do território brasileiro exige que o sistema de distribuição de energia elétrica no país seja caracterizado por longas LT que além de ligar as unidades geradoras aos grandes centros consumidores também interligam os sistemas elétricos das diferentes regiões. Por possuírem grandes extensões, as LT são bastante susceptíveis a ocorrência de distúrbios devido a causas naturais como, por exemplo, descargas atmosféricas e curtos-circuitos, popularmente denominados de faltas e considerados como o tipo de distúrbio mais preocupante para o SEP. Assim, objetiva-se que a transmissão da energia se dê com níveis mínimos de perdas e apresente boa continuidade de serviço, tornando a realização de um diagnóstico rápido e preciso de defeitos ocorridos no sistema de transmissão imprescindível para evitar desligamentos prolongados.

Normalmente, são utilizadas pelas concessionárias de energia vias terrestres e/ou helicópteros para identificar o local de ocorrência do defeito, porém, este procedimento pode ser em alguns casos bastante lento, a depender do comprimento da linha em questão. Com isso, percebe-se a nítida dificuldade de localizar faltas em longas LT quando não se dispõe de uma estimativa inicial do local do defeito, evidenciando, portanto, a relevância da utilização de métodos eficientes para localização de faltas e dos estudos voltados para o desenvolvimento e o aprimoramento dessas técnicas.

O objetivo geral deste Projeto de Iniciação Científica é realizar uma avaliação e a implementação do método baseado na teoria de ondas viajantes para a localização de faltas em LT em uma ferramenta de simulação em tempo real, o RTDS™ (*Real Time Digital Simulator*), adquirido pela UFCG.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este projeto compreendeu a execução das seguintes atividades de pesquisa:

avaliação do estado da arte sobre o uso do RTDS™ na linha de pesquisa de transitórios eletromagnéticos em sistemas de potência; implementação do algoritmo proposto para localização de faltas em LT fazendo uso do *CBuilder* do RTDS™; modelagem no RTDS™ de uma LT com parâmetros reais para fins de avaliação do método proposto; e validação do método proposto considerando diferentes situações, tais como ângulo de incidência, ponto de falta, tipo de falta e resistência de falta, na LT, utilizando a ferramenta *script* para simulação automática de casos no RTDS™.

Por possuírem grandes extensões, a localização de faltas em LT foram classificadas durante muito tempo como uma tarefa complicada, pois, normalmente, as concessionárias de energia elétrica fazem uso de helicópteros e/ou carros na busca do ponto de ocorrência do defeito. Porém, dependendo da extensão da LT, esse procedimento pode ser bastante lento.

Os algoritmos empregados na localização de faltas podem ser divididos em dois grandes grupos: os métodos baseados na análise de componentes de frequência fundamental e os métodos baseados na teoria de ondas viajantes (ou simplesmente métodos TWFL). Os algoritmos deste último grupo se popularizaram mais recentemente e se baseiam na análise de transitórios provenientes do próprio distúrbio que se propagam ao longo da LT em forma de ondas viajantes. Já os métodos baseados na análise de componentes de frequência fundamental são mais antigos e funcionam predominantemente a partir do processamento de dados dos fasores de tensão e corrente medidos em pontos específicos do SEP em questão.

No trabalho de LOPES *et al.* (2011b) é apresentado um algoritmo baseado na teoria de ondas viajantes para localização de faltas em sistemas de transmissão e de distribuição. Trata-se de uma técnica baseada na detecção de transitórios nos sinais de tensão em dois pontos do SEP, os quais são pré-determinados pelo usuário do módulo localizador de faltas. O algoritmo utiliza como ferramenta base a Transformada de Park e permite a auto-calibração do algoritmo em relação aos níveis de desbalanceamento entre as fases do SEP. No entanto, a técnica apresenta sensibilidade à presença de ruídos durante o regime permanente, fato este dificulta a calibração do sistema e que pode ocasionar a detecção errônea de transitórios, promovendo localizações de faltas com desvios inadmissíveis.

Baseando-se nas limitações encontradas em LOPES *et al.* (2011b), propõem-se em LOPES (2011a) melhorias capazes de tornar o referido algoritmo mais robusto. Dentre estas modificações, se destaca o uso de variáveis menos sensíveis à presença de ruídos elétricos, porém, tão eficazes quanto para a detecção de componentes de alta frequência. O sistema localizador proposto é auto-adaptativo de forma que, durante a operação normal do SEP, calcula as principais características dos sinais da tensão, tornando possível diferenciar de forma mais confiável os períodos de regime permanente dos períodos de regime transitório. Por outro lado, pode ser citado como ponto negativo do método o fato da sua precisão ser limitada pelas taxas de amostragem dos conversores A/D presentes nos

dispositivos responsáveis pela aquisição de dados.

DESENVOLVIMENTO

Tanto as técnicas baseadas na teoria das ondas viajantes como as baseadas nas componentes de frequência fundamental contribuem para uma restauração mais rápida das LT após a ocorrência de faltas, porém o tempo utilizado para o cálculo do local do defeito, em alguns casos, pode ser bastante longo, retardando o despacho das equipes de manutenção da LT.

O RTDS™ foi especialmente projetado para o estudo dos fenômenos de natureza eletromagnética em tempo real e é composto por uma combinação de *hardware* e *software*. Devido à atuação de diversos processadores de alta velocidade trabalhando em paralelo, as soluções do SEP simulado são obtidas em um intervalo de tempo muito menor que as constantes de tempo do sistema em estudo, fato este que tem tornado o RTDS™ um dos equipamentos mais utilizados no âmbito de simulações em tempo real em nível mundial.

O RTDS™ possui uma interface de entradas e saídas que permite o intercâmbio de informações analógicas e digitais entre o simulador e equipamentos reais como, por exemplo, relés de proteção, registradores digitais de perturbação (RDP) e equipamentos de monitoramento e controle.

O *hardware* do RTDS™ é composto por um processador digital de sinais (*Digital Signal Processor* – DSP) e um computador com quantidade de instruções reduzidas (*Reduced Instruction Set Computer* – RISC) baseados em técnicas avançadas de processamento paralelo, de maneira a alcançar a velocidade adequada para manter a operação contínua em tempo real. O *software* inclui modelos dos componentes do sistema de potência necessários para representar diversos elementos complexos que formam o sistema elétrico de potência. A técnica utilizada no RTDS™ na solução de toda a rede é a análise nodal, sendo utilizados os algoritmos desenvolvidos por DOMMEL (1969). O algoritmo de solução de DOMMEL (1969) é utilizado em praticamente todos os programas de modelagem de simulação digital no estudo de transitórios eletromagnéticos. Além disto, o *software* do RTDS™ também possui uma poderosa ferramenta de Interface Gráfica para o usuário (*Graphical User Interface* - GUI), denominada de RSCAD, através da qual o usuário é capaz de construir, compilar e analisar os casos simulados.



Figura 1. Racks do RTDSTM disponíveis no comércio.

Fonte: <https://www.rtds.com/>.

O *software* do RTDS™ é organizado em uma hierarquia que possui três níveis, entretanto, o usuário do RTDS™ interage apenas com o *software* de alto nível. No nível mais alto encontra-se a *Graphical User Interface* (GUI), ou RSCAD, que garante uma interface gráfica ao usuário do RTDS™. O RSCAD é formado por diversos módulos, dentre os quais se destacam o *File Manager*, utilizado para projetar, realizar o gerenciamento de casos e facilitar as trocas de informações entre os usuários, o *Transmission Line* (TLine), o *Draft*, usado para modelar circuitos, o *Runtime*, utilizado para controlar os casos de simulação executados no *hardware*, e o *Component Builder* (CBuilder), para a criação de novos componentes.

O método proposto por LOPES (2011b) fundamenta-se na detecção de ondas viajantes nas duas extremidades da LT por meio da aplicação da Transformada de Park (Tdq0). Os dados de entrada utilizados por esse algoritmo são apenas amostras atuais dos sinais de tensão trifásica e ele pode ser implementado em *Intelligent Electronic Devices* (IED) de forma modular, conforme apresentado na Figura 2.

Para a execução dos procedimentos de localização de faltas são utilizados três módulos: dois módulos detectores de transitórios e um módulo localizador de faltas. O módulo detector de transitórios tem a função de realizar todos os procedimentos relacionados à identificação dos instantes de chegada das ondas viajantes ao terminal no qual se encontra instalado, enquanto o módulo localizador é responsável principalmente pelo cálculo das estimativas do ponto de falta.

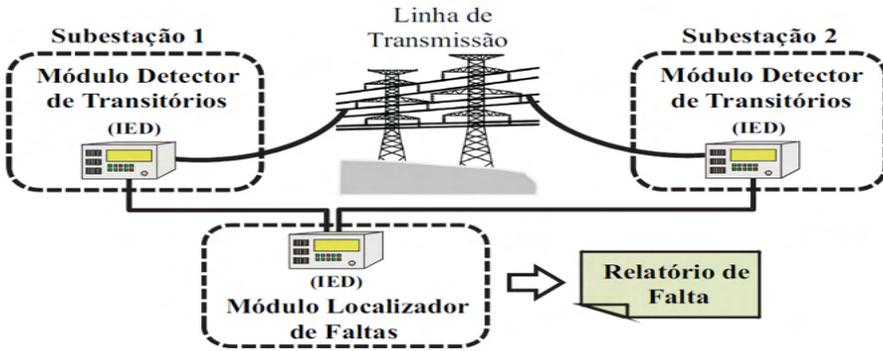


Figura 2. Esquema de funcionamento do sistema localizador de faltas.

Fonte: LOPES (2011b).

O método apresentado baseia-se na detecção de ondas viajantes provenientes de transitórios gerados a partir de faltas nas LT e fixados os instantes de detecção deste transiente para o cálculo da falta, para isto utiliza-se a Transformada de Park (Tdq0). É separado entre o módulo detector, em que devem ser detectados os instantes de tempo t_{21} e t_{11} para ser calculado o ponto de falta, e o módulo localizador.

A técnica utilizada para detecção de transitórios na implementação dos métodos TWFL é baseada na transformada de Park, como proposto em LOPES (2011a). A detecção de transitórios é realizada a partir da taxa de crescimento da energia ξ_{dif} obtida através dos sinais c_{dif} calculados a partir das tensões V_{σ} que por sua vez são determinadas através da expressão (1).

$$v_d(k) = A_{Park}(k).V_A(k) + B_{Park}(k).V_B(k) + C_{Park}(k).V_C(k) \quad (1)$$

Sendo A_{Park} , B_{Park} e C_{Park} dados por:

$$A_{Park}(k) = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \cos(\omega k \Delta t + \theta) \quad (2)$$

$$B_{Park}(k) = -\frac{1}{\sqrt{6}} \cdot \cos(\omega k \Delta t + \theta) + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \sin(\omega k \Delta t + \theta) \quad (3)$$

$$C_{Park}(k) = -\frac{1}{\sqrt{6}} \cdot \cos(\omega k \Delta t + \theta) - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \sin(\omega k \Delta t + \theta) \quad (4)$$

Onde ω é a frequência angular nominal, k é a k -ésima amostra dos sinais, Δt é o período de amostragem na conversão A/D, θ é o ângulo de fase da tensão V_d e $V_A(k)$, $V_B(k)$ e $V_C(k)$ são as k -ésimas amostras das tensões de fase do SEP. Para o cálculo dos coeficientes c_{dif} e da energia ξ_{dif} são empregadas as expressões (5) e (6), conforme

apresentado a seguir.

$$C_{dif}(k) = G \cdot [V_d(k) - V_d(k - 1)] \quad (5)$$

$$\xi_{dif}(k) = \sum_{n=k-\Delta k_{DETEC}}^k C_{dif}^2(n) \quad (6)$$

Onde $k_{EN} = N/2$, sendo N o número de amostras por ciclo em regime permanente, G é o ganho aplicado aos coeficientes c_{dif} , $V_d(k)$ é a k -ésima amostra do sinal V_d , $c_{dif}(n)$ é a n -ésima amostra do sinal c_{dif} janelado e $\xi_{dif}(k)$ é a energia da k -ésima janela. Na Figura 3, são apresentadas formas de onda dos sinais V_d , c_{dif} e ξ_{dif} durante a detecção de uma falta auto-extinta iniciada na amostra k_1 .

A detecção de transitórios é feita pela identificação de crescimentos abruptos da energia ξ_{dif} . Para tanto, utiliza-se um *buffer* de tamanho igual a Δk_{DETEC} que consiste numa janela deslizante no tempo sobre o sinal ξ_{dif} calculado. Onde $\Delta k_{DETEC} = N/10$, equivalente a um décimo de ciclo na frequência fundamental. O parâmetro N pode ser calculado pela expressão (7).

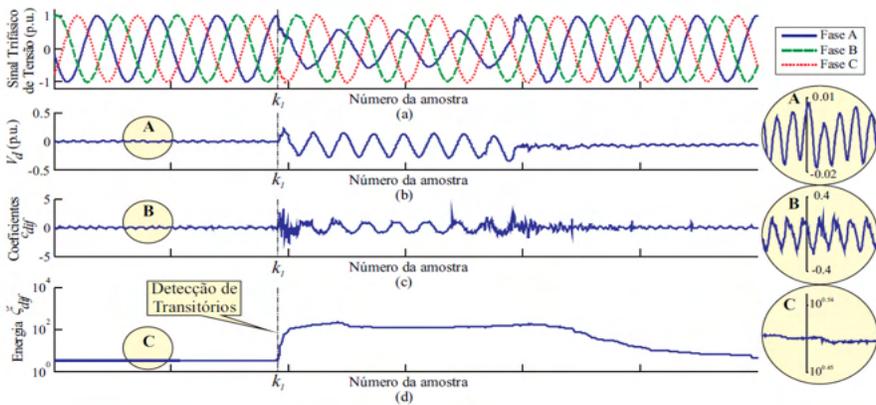


Figura 3. Detecção de transitórios em um registro oscilográfico real via Tdq0: (a) Sinal trifásico de tensão (b) Tensão de eixo direto V_d (c) Coeficientes c_{dif} (d) Energia ξ_{dif} dos coeficientes c_{dif}

Fonte: LOPES (2011b).

$$N = \text{round}\left(\frac{F_s}{f_{60\text{Hz}}}\right) \quad (7)$$

Em que F_s é a frequência de amostragem utilizada na conversão A/D (dada em Hertz), $f_{60\text{Hz}}$ é a frequência fundamental, 60 Hz, e $\text{round}(X)$ é uma função que arredonda X para o número inteiro mais próximo. Em LOPES (2011b), foi proposto que deve se considerar o módulo desta diferença $|t_{11} - t_{21}|$, visualizado na Figura 4.

As referidas equações são apresentadas na expressão 8, a seguir.

$$d = \begin{cases} \frac{L - |t_{11} - t_{21}| \cdot v_{propag}}{2}, & \text{se } d \leq \frac{L}{2} \\ L - \frac{L - |t_{11} - t_{21}| \cdot v_{propag}}{2}, & \text{se } d > \frac{L}{2} \end{cases} \quad (8)$$

Onde L é o comprimento da LT monitorada, d é a distância entre uma das extremidades da LT e o ponto de falta e v é a velocidade de propagação das ondas viajantes, considerada em LOPES (2011b) 98% da velocidade da luz. Nesta etapa, é calculada a estimativa do ponto de falta a partir de t_{21} e t_{11} da etapa de detecção.

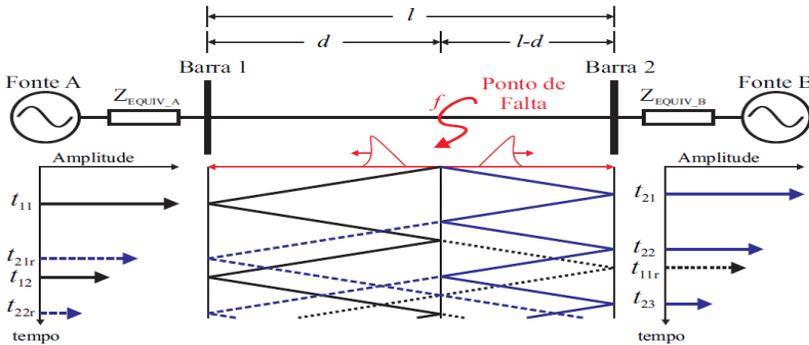


Figura 4. Diagrama de reflexões referente a uma falta no ponto f de uma LT monitorada em dois terminais.

Fonte: MELO (2013).

A determinação do período $|t_{11} - t_{21}|$ se baseia na atuação do *clock* instalado no módulo localizador de faltas. A contagem é controlada por uma porta lógica digital OU-Exclusivo, cuja saída, denominada de *Start Clock*, assume nível alto apenas quando uma única entrada se encontra ativa. Neste caso, as entradas são os *flags* indicadores de ocorrência de transitórios gerados pelos módulos detectores, referidos por $Flag_1$ e $Flag_2$. Na Tabela 1 são apresentadas as relações lógicas entre os referidos sinais digitais e na Figura 5 é apresentado um exemplo de cálculo do período $|t_{11} - t_{21}|$ considerando-se uma falta monofásica entre a fase A e o terra.

Flag1	Flag2	Start Clock	Operação a realizar
0	0	0	Não incrementar o contador
0	1	1	Incrementar o contador
1	0	1	Incrementar o contador
1	1	0	Não incrementar o contador

Tabela 1. Tabela verdade para uma porta lógica OU-Exclusivo.

Fonte: LOPES (2012b).

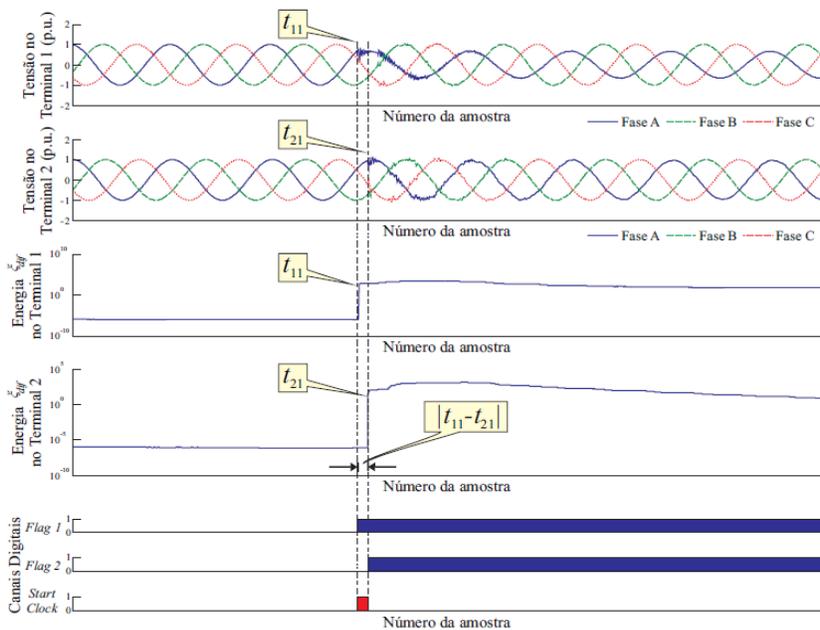


Figura 5. Determinação do período $|t_{11} - t_{21}|$ por meio do método proposto: (a) Tensão trifásica no terminal 1 da LT; (b) Tensão trifásica no terminal 2 da LT; (c) Energia ξ_{dif} no terminal 1; (d) Energia ξ_{dif} no terminal 2; (e) Canais digitais utilizados no cálculo de $|t_{11} - t_{21}|$.

Fonte: LOPES (2012b).

Percebe-se que durante o período equivalente a $|t_{11} - t_{21}|$, o sinal *Start Clock* permanece em nível lógico alto, permitindo, assim, o cálculo em tempo real do local de ocorrência da falta. Para isso, assume-se que o atraso da transmissão dos dados digitais referentes aos *flags* $Flag_1$ e $Flag_2$ é conhecido, podendo ser corrigido durante a localização do defeito.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema localizador de faltas foi implementado utilizando a linguagem C do *CBuilder* disponível no próprio RTDS™. Implementaram-se no *CBuilder* do RTDS™ blocos funcionais referentes ao módulo detector de transitórios e ao módulo localizador de faltas. Na Figura 6, ilustram-se os componentes criados e a interligação entre os mesmos.

Em cada terminal, os sinais V_d , c_{dif} e ξ_{dif} são externados apenas para fins de análise do comportamento do sistema. Já os *flags* $Flag_1$ e $Flag_2$ são utilizados no módulo localizador para o cálculo de $|t_{11} - t_{21}|$ e, conseqüentemente, da localização d da falta.

A avaliação em tempo real do método para localização de faltas em LT é realizada por meio de simulações em um RTDS™, no qual, por meio do módulo *Draft* foi implementado

um SEP de 230 kV simplificado para testes.

Para fins de avaliação do algoritmo, realizou-se no RTDS™ a simulação em tempo real de faltas em um sistema elétrico simplificado, diante de cenários distintos de faltas, variando-se o tipo de falta, o local de ocorrência do distúrbio, o ângulo de incidência da falta e a resistência da falta.

Basicamente, o sistema consiste em dois circuitos equivalentes interligados por uma LT com 180 km de extensão modelada a partir de parâmetros reais de uma linha de 230 kV da Chesf, cujos dados encontram-se nas Tabelas 2 e 3.

Linha de Transmissão	R1 (Ω/km)	X1 (Ω/km)	Y1 (μmho/km)	R0 (Ω/km)	X0 (Ω/km)	Y0 (μmho/km)	Comp. (km)
Barra 1 – Barra 2	0,098	0,53	0,3075	0,522	1,432	0,4361	180

Tabela 2. Dados da LT do SEP simplificado.

Fonte: Adaptado de LOPES (2012b).

Subestação	Impedância Z_{th}				Fontes V_{th}	
	R1 (Ω)	X1 (Ω)	R0 (Ω)	X0 (Ω)	V_{th} (p.u.) (Base 230 kV)	Fase (°) (ref. na tensão VA)
Barra 1 – Barra 2	0,098	0,53	0,3075	0,522	1,432	0,4361

Tabela 3. Dados dos equivalentes de Thévenin do SEP simplificado.

Fonte: Adaptado de LOPES (2012b).

O módulo *TLine* foi utilizado para inserir os parâmetros da LT modelada. A avaliação do método em tempo real foi realizada utilizando-se um *script* para simulação automática de casos no RTDS™. Os parâmetros de falta foram variados permitindo a análise da robustez do sistema localizador ora proposto para diferentes cenários, conforme pode ser observado na Tabela 4.

Uma das limitações dos métodos TWFL é relacionada à frequência de amostragem dos conversores A/D. De acordo com dados do *RTDS Technologies Inc.* (2008), o desvio máximo esperado, em módulo, é pela expressão 9, a seguir.

$$|E_{AD}| \approx \frac{\Delta t \cdot c}{2} \quad (9)$$

Onde Δt é o período de amostragem e c é a velocidade da luz ≈ 300000 km/s.

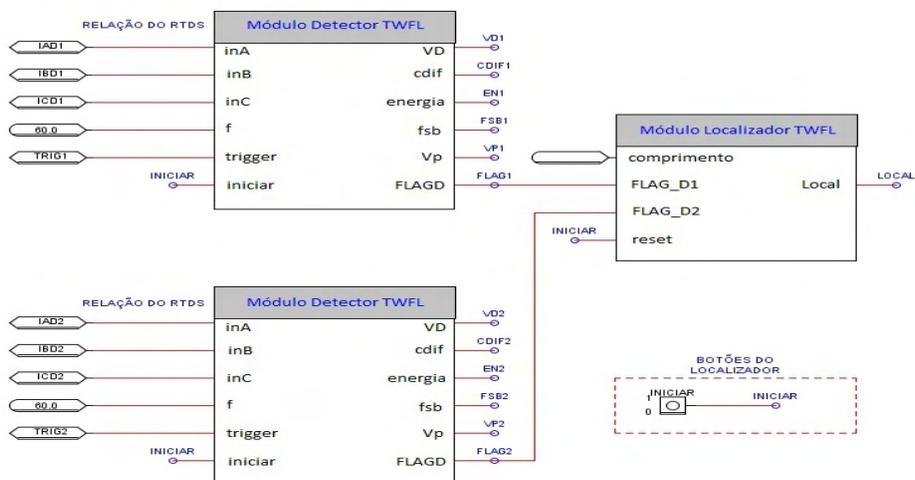


Figura 6. Sistema localizador de faltas implementado no RTDS™.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Variáveis Simuladas	Valores Escolhidos	Nº de Possibilidades
Localização da Falta (%)	10, 15, 20, 25, ..., 85 e 90	17
Resistência de Falta (Ω)	0.01, 5, 10, 50 e 100	5
Ângulo de Incidência ($^\circ$)	0, 30, 60 e 90	4
Tipo de Falta	AT-BT-CT-AB-AC-BC-ABT-ACT-BCT-ABC	10
Total de Possibilidades		3400

Tabela 4. Características de falta adotadas durante as simulações em tempo real via RTDS™.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerou-se o erro absoluto (EA) como o ponto real do distúrbio menos o local estimado. Para avaliação, considerou-se o erro relativo, em porcentagem, proporcional à razão entre o EA e o comprimento L da linha. O período de amostragem dos sinais foi de $50 \mu s$, implicando em um erro admissível de 7,5 km.

Para cada tipo de falta foram avaliados 340 casos, totalizando 3400 faltas simuladas. Nas Figuras 7(a) e 7(b), são apresentados os resultados referentes ao número de localizações satisfatórias no conjunto de simulações realizadas.

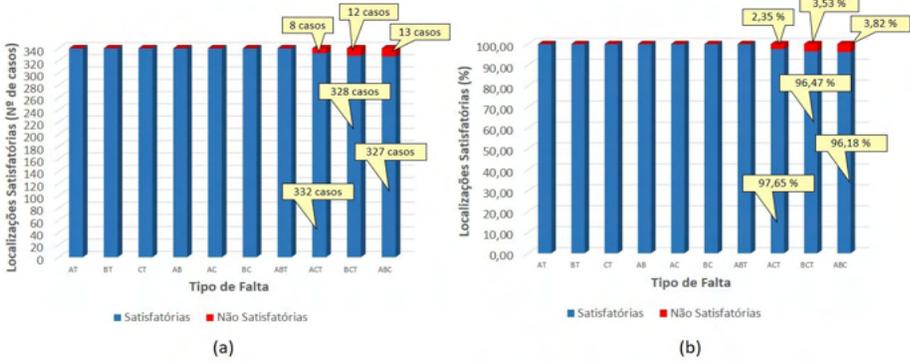


Figura 7. Número de simulações satisfatórias para um total de 340 casos por tipo de falta: (a) Em número de casos (b) Em porcentagem.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Percebe-se que o sistema localizador apresentou, na grande maioria dos casos, desvios abaixo de 7,5 km, extrapolando o erro admissível apenas nas faltas ACT (8 casos – 2,35%), BCT (12 casos – 3,53%) e ABC (13 casos – 3,82%).

Nas Figuras 8(a) e 8(b), apresentam-se as médias μ e os desvios padrão σ dos erros em termos de erros absolutos EA (μ_{km} e σ_{km}) e de erros relativos ER ($\mu_{\%}$ e $\sigma_{\%}$). O algoritmo apresentou um bom desempenho, uma vez que as médias não ultrapassaram 3 km, com desvios padrão abaixo de 2,5 km. Já os erros relativos, as médias $\mu_{\%}$ não ultrapassaram 1,6%, com desvios padrão $\sigma_{\%}$ abaixo de 1,4%.

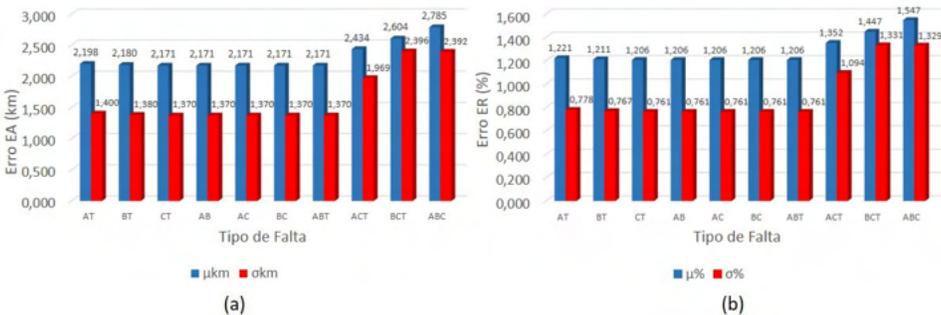


Figura 8. Médias e desvios padrão dos erros das localizações estimadas: (a) Médias μ_{km} e desvios padrão σ_{km} dados em km (b) Médias $\mu_{\%}$ e desvios padrão $\sigma_{\%}$ dados em porcentagem.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Constata-se a boa robustez do algoritmo para aplicações em tempo real sem conhecimento dos registros completos do distúrbio em estudo. A Tabela 5 apresenta uma noção do desempenho do algoritmo durante as simulações em tempo real.

Tipo de Falta	Total de Casos	Localizações Satisfatórias		Erros Calculados					
				Médias		Desvios		Erros Máx.	
		Quant.	%	μ_{km}	$\mu_{\%}$	σ_{km}	$\sigma_{\%}$	km	%
AT	340	340	100	2,198	1,221	1,400	0,778	5,700	3,167
BT	340	340	100	2,180	1,211	1,380	0,767	4,800	2,667
CT	340	340	100	2,171	1,206	1,370	0,761	4,800	2,667
AB	340	340	100	2,171	1,206	1,370	0,761	4,800	2,667
AC	340	340	100	2,171	1,206	1,370	0,761	4,800	2,667
BC	340	340	100	2,171	1,206	1,370	0,761	4,800	2,667
ABT	340	340	100	2,171	1,206	1,370	0,761	4,800	2,667
ACT	340	332	97,647	2,434	1,352	1,969	1,094	17,850	9,917
BCT	340	328	96,471	2,604	1,447	2,396	1,331	20,400	11,333
ABC	340	327	96,176	2,785	1,547	2,392	1,329	11,550	6,417
Resumo	3400	3367	99,029	2,305	1,281	1,639	0,910	20,400	11,333

Tabela 5. Resultados gerais das simulações em tempo real via RTDSTM.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apenas 33 localizações dos 3400 casos analisados extrapolaram, em módulo, o erro admissível, sendo, portanto, 99,029% dos resultados classificados como satisfatórios. Considerando os resultados gerais, evidencia-se o ótimo desempenho do sistema localizador como ferramenta para localização em tempo real de faltas em linhas de transmissão por meio da teoria de ondas viajantes.

CONCLUSÃO

Com este trabalho, avaliou-se um algoritmo para localização de faltas em linhas de transmissão por meio de simulações em tempo real utilizando o RTDSTM. Para a detecção de transitórios nos terminais monitorados, a técnica baseou-se na teoria de ondas viajantes, fazendo uso da Transformada de Park (Tdq0).

O método monitora os componentes de alta frequência em dois terminais da LT por meio da identificação de crescimentos abruptos na energia ξ_{diff} dos coeficientes diferença c_{diff} obtidos por manipulação das tensões de eixo direto calculadas via Tdq0.

Para fins de avaliação do método implementado, modelou-se no RTDSTM uma LT a partir de parâmetros reais. O desempenho para aplicações em tempo real foi estudado diante de diferentes cenários de faltas, variando-se o local de ocorrência do defeito, a resistência de falta, o ângulo de incidência da falta e o tipo de falta, totalizando 3400 casos analisados por meio da ferramenta *script*. Os resultados evidenciaram a eficiência do método aplicado em tempo real em LT. Constatou-se um bom desempenho do sistema

localizador, pois dos 3400 casos simulados, 99,029% apresentaram localizações com erros dentro dos limites admissíveis, considerando a frequência de amostragem utilizada. Desta forma, comprovou-se a alta confiabilidade deste método.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil, durante minha permanência no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq-UFCG). Aos colegas do Grupo de Sistemas Elétricos (GSE), onde este trabalho foi desenvolvido, pelo apoio e contribuição.

REFERÊNCIAS

DOMMEL, H. W., *Electromagnetic Transients Program Reference Manual: EMTP Theory Book*. Portland, BPA: [s.n.], 1969.

LIMA, H. B.; SILVA, W. P.; FERNANDES Jr., D. “Localização Automática de Falhas em Sistemas de Transmissão Baseada na Teoria de Ondas Viajantes”. *V Encontro do Grupo de Sistemas Elétricos - EGSE 2016*, Campina Grande-PB, Brasil, 18-19 de fevereiro, 2016.

LOPES, F. V. Localização de Falhas em Linhas de Transmissão Baseada em Ondas Viajantes. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, março 2011a.

LOPES, F. V. Localização Automática de Falhas em Sistemas de Transmissão Baseada na Teoria de Ondas Viajantes. *Projeto e Pesquisa 1 Doutorado*, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, novembro 2011b.

LOPES, F. V. Avaliação da Localização de Falhas em Linhas de Transmissão em Tempo Real via RTDS™. *Projeto e Pesquisa 3 Doutorado*, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, junho 2012b.

MELO, Y. M. P. Análise Comparativa entre Métodos de Localização de Falhas em Linhas de Transmissão via RTDS™. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, outubro 2013.

RTDS TECHNOLOGIES INC. *Real Time Digital Simulator Tutorial Manual: RSCAD Version*. Winnipeg, Manitoba, Canadá, 2008.

RTDS TECHNOLOGIES. Disponível em: <<https://www.rtds.com/>> Acesso em: 20 de julho de 2017.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Automação 2, 6, 43, 233, 241, 242

B

Barra de leds 3, 42, 43, 44, 51, 52, 55, 58

Borracha natural vulcanizada 60, 61, 70

Braço robótico 6, 203, 204, 207, 209, 210, 211

C

Capacidade de suporte 112, 113, 118

Cerrado 125, 128, 136

Circuito integrado 42, 45

Classificação geomecânica 14, 19, 27, 28

Coagulantes 180, 181, 186, 187

Coarctação da aorta 141, 142, 143, 144, 145, 148, 153

Compostos de borracha 60

Construccionismo 155, 157

Controle adaptativo 3, 30, 31

Crecimiento en pinos, biomasa 90

Cromatografia 2, 125, 130, 131

Curtume 180, 181, 183

D

Degradação 18, 61, 179, 180, 184

Densidade de ligações 3, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69

Drenagem 5, 102, 104, 105, 107, 110, 168, 172, 173, 174, 176, 178, 179

E

Educación en ingeniería 155

Elementos terras 5, 137, 140, 212, 213

Escavações subterrâneas 14, 15

Estabilidade 15, 18, 60, 61, 69, 134, 168

Estilos de aprendizaje 2, 155, 156, 157, 158, 160, 162, 166, 167

Extração líquido 5, 137, 138, 140, 213

G

Geotêxtil 5, 168, 177, 178, 179

Guanandi 125, 135, 136

H

Hidráulica 6, 16, 102, 103, 112, 130, 233, 235, 240, 241

Hidrología 179

I

Identificação de sistemas 2, 30

Impressão 3D 2, 141, 142

Incremento corriente anual 90, 92, 97

Incremento medio anual 90, 92, 97

Investigações de campo 15

L

Laboratório 14, 15, 22, 130, 187, 233, 234, 235, 236

Laboratório virtual 233

Landi 125

M

Maciço fraturado 14

Manejo forestal 1, 8, 10, 11, 100

Martelo vibratório 4, 112, 116

Melhoramento de solo 2, 4, 112

Métodos numéricos 2, 14, 24, 155, 156, 161, 163, 165, 166

México 4, 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 90, 91, 98, 99, 100, 101, 155

Microcontrolador 3, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 53, 57, 58, 204, 206, 207

Microestrutura 60, 61, 67

Modelagem computacional 14

Mooney-rilvin 60, 62

P

Pilhas de estéril 168

Plantaciones forestales 3, 90, 91, 100

Pneumática 6, 233, 235, 236, 240, 241

Propriedades macroscópicas 60

R

Reconhecimento de padrões 2, 6, 203, 204

Recursos forestales 1, 2, 4, 5, 6, 7, 10, 12

Rede neural artificial 203, 204, 206, 207

Robótica 30, 210

S

Sinal eletromiográfico 203, 204, 206

Standard penetration test 112, 113

Stents bioabsorvíveis 142, 147, 151, 154

T

Tomografia computadorizada 141, 142, 148, 153

Transdutor de temperatura 42, 43, 46

Túnel rodoviário 14

W

Webquest 5, 155, 163, 167



Gears of the future

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 


Ano 2022

Gears of the future

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 