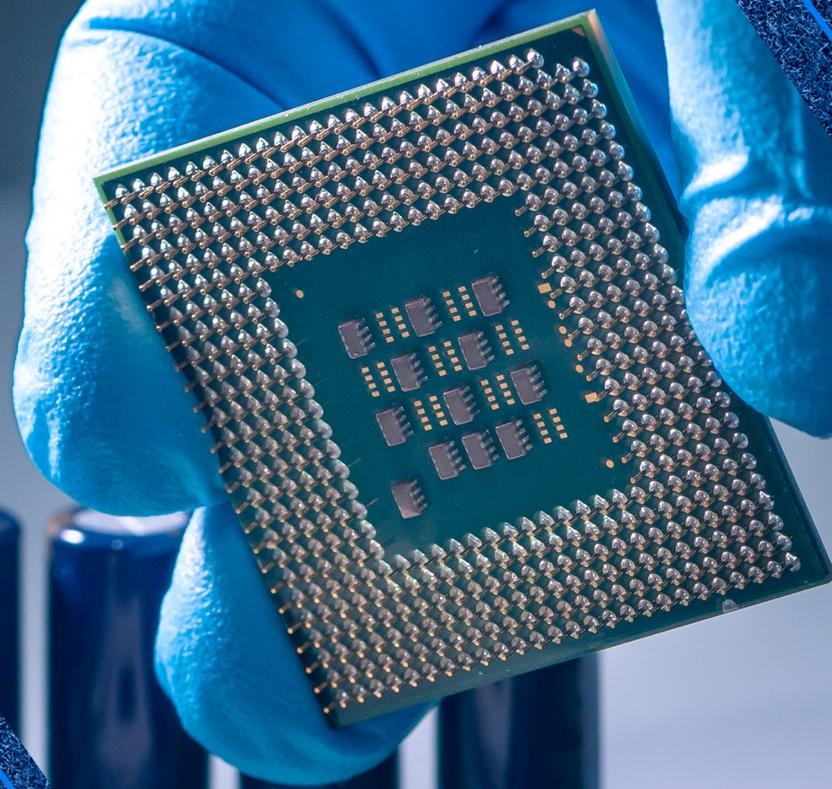


Atena
Editora

Ano 2020

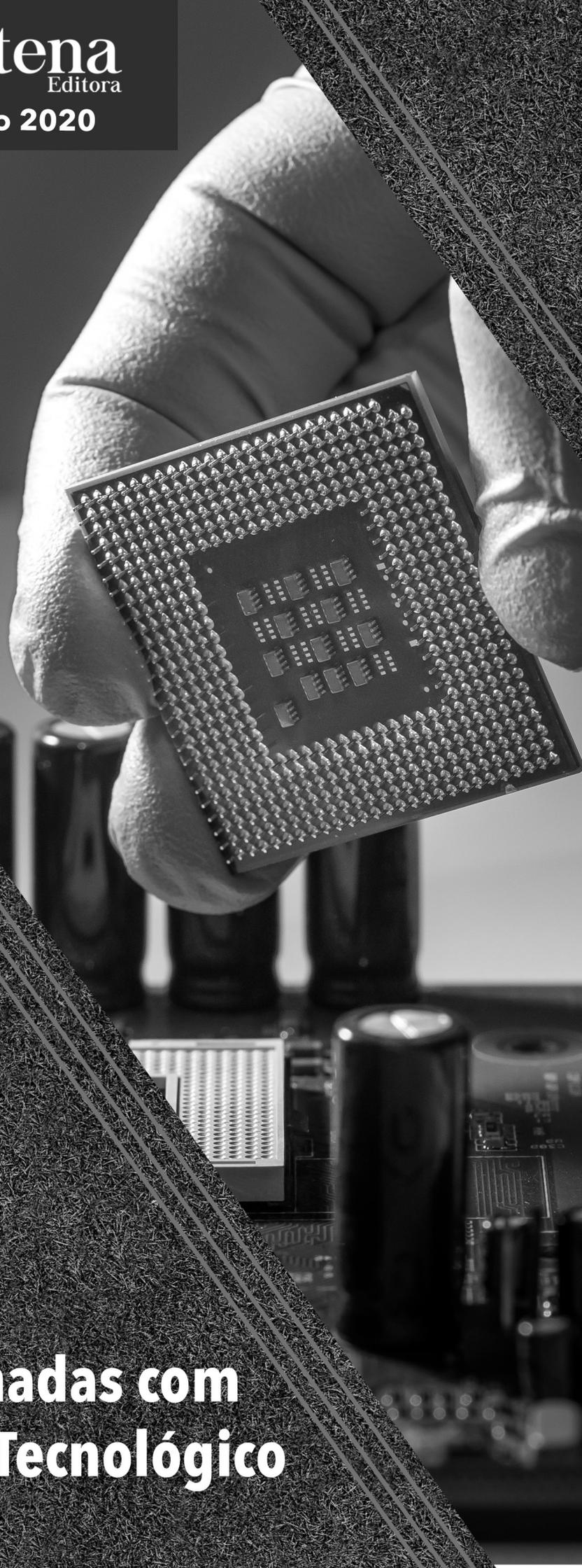


João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Marcelo Henrique Granza
(Organizadores)

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

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**

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 1 / 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 978-65-5706-167-1 DOI 10.22533/at.ed.671200207</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
DESENVOLVIMENTO DE UMA INTERFACE PARA ESTUDO EM CONTROLE DE UM ROBÔ MÓVEL DE EQUILÍBRIO DINÂMICO	
Alex Sandro Garefa Guyllherme Emmanuel Tagliaferro de Queiroz Luis Antonio Bassora Flavio Eduardo Tapparo	
DOI 10.22533/at.ed.6712002071	
CAPÍTULO 2	17
ROBÔ PARA INSTALAÇÃO DE SINALIZADORES AVIFAUNA	
Bruno Monteiro Costa Máiquel Bruno de Andrade Rezende Waldir Alves Diniz Ricardo de Souza Marcelo Clécio Paula da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.6712002072	
CAPÍTULO 3	26
PROSPECTOS PARA A EVOLUÇÃO DA INTERFACE HUMANO-COMPUTADOR EM CENTROS DE CONTROLE DE ENERGIA ELÉTRICA	
Luiz Corrêa Lima	
DOI 10.22533/at.ed.6712002073	
CAPÍTULO 4	40
PROJETO CANAÃ - IRRIGADOR AUTOMÁTICO PARA O AGRONEGÓCIO	
André Kroupa Eldon Moura Cláudio Matheus da Costa Comin Rogério Luis Spagnolo da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.6712002074	
CAPÍTULO 5	54
PAINEL DE BORDO - UMA INÉDITA PLATAFORMA COMPUTACIONAL EM UTILIZAÇÃO NO NOVO CENTRO DE OPERAÇÃO DA CEMIG-D	
Tiago Vilela Menezes Bruno Henrique da Silva Carlos Jose de Andrade Huliton Paz de Oliveira Marco Aurélio da Silva Fereda Odimar José Bezerra Lima Rafael Carneiro Motta	
DOI 10.22533/at.ed.6712002075	
CAPÍTULO 6	69
PARADIGMAS DAS TECNOLOGIAS 5G NA AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS VERTICAIS NA INDÚSTRIA 4.0	
Daniel Rodrigues Ferraz Izario João Luiz Brancalhona Filho Yuzo Iano Karine Mendes Siqueira Rodrigues Ferraz Izario	
DOI 10.22533/at.ed.6712002076	

CAPÍTULO 7 81

DATA REGENERATION 2R IN OPTICAL COMMUNICATION NETWORK BASED ON MACH-ZEHNDER INTERFEROMETER WITH ACOUSTIC-OPTICAL FILTER AND HIGHLY NON-LINEAR PHOTONIC CRYSTAL FIBER

Fabio Barros de Sousa
Fiterlinge Martins de Sousa
Jorge Everaldo de Oliveira
Elizabeth Rego Sabino
Marcos Benedito Caldas Costa

DOI 10.22533/at.ed.6712002077

CAPÍTULO 8 95

PROJETO DE UMA ANTENA PATCH PLANAR UTILIZANDO A SUPER FÓRMULA DE GIELIS

Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira
Pedro Carlos de Assis Júnior

DOI 10.22533/at.ed.6712002078

CAPÍTULO 9 108

UMA CONTRIBUIÇÃO NA AVALIAÇÃO DE MODELOS DE SATISFAÇÃO DO CLIENTE PARA OS SERVIÇOS DE COMUNICAÇÕES MÓVEIS COM EQUAÇÕES ESTRUTURAIS

Gutembergue Soares da Silva
André Pedro Fernandes Neto
Fred Sizenando Rossiter Pinheiro
Antonio Salvio de Abreu

DOI 10.22533/at.ed.6712002079

CAPÍTULO 10 130

ATAQUES E DESCOBERTA DE VULNERABILIDADES EM REDES CORPORATIVAS

Roger Robson dos Santos
Jackson Mallmann

DOI 10.22533/at.ed.67120020710

CAPÍTULO 11 139

MODELO MATEMÁTICO PARA CONSOLIDAÇÃO DE MÁQUINAS VIRTUAIS

Alexandre Henrique Teixeira Dias
Luiz Henrique Andrade Correia

DOI 10.22533/at.ed.67120020711

CAPÍTULO 12 151

CAPTURE THE FLAG: MÉTODO DE APRENDIZADO PARA A DISCIPLINA DE FORENSE COMPUTACIONAL EM UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA

Carlos Eduardo de Barros Santos Júnior
Ana Clara Nobre Mendes
Jhonattan Carlos Barbosa Cabral
Juliana Barbosa dos Santos
Erick de Oliveira Silva
Pedro Henrique Rodrigues Emerick

DOI 10.22533/at.ed.67120020712

CAPÍTULO 13 157

A METODOLOGIA EPRI PARA AVALIAÇÃO DE RISCOS CIBERNÉTICOS NAS INFRAESTRUTURAS CRÍTICAS E SUA RELAÇÃO COM A NORMA IEC 62443-2-1

Luiz Augusto Kawafune Campelo

CAPÍTULO 14 170

ANÁLISE DA PERFORMANCE DO MRE E SEUS IMPACTOS COMERCIAIS – PROPOSTA DE REVISÃO DA REGULAÇÃO

João Carlos Mello
Leonardo Calabro
Vinicius Ragazi David
Daniela Souza
Luiz Laércio Simões Machado Junior
Renato Mendes

DOI 10.22533/at.ed.67120020714

CAPÍTULO 15 190

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA INCLUSÃO EDUCACIONAL DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA MOTORA

Felipe Massayuki Quiotoqui
Italo Rodrigues da Silva

DOI 10.22533/at.ed.67120020715

CAPÍTULO 16 200

SISTEMAS IMUNOLÓGICOS ARTIFICIAIS APLICADOS AO DIAGNÓSTICO DE CÂNCER DE MAMA

Gustavo da Silva Maciel
Wagner Kenhiti Nakamura Júnior
Luiz Francisco Granville Gonçalves
Leonardo Plaster Silva
Simone Silva Frutuoso de Souza
Fábio Roberto Chavarette
Fernando Parra dos Anjos Lima

DOI 10.22533/at.ed.67120020716

CAPÍTULO 17 213

AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS NÃO INVASIVAS DE MEDIÇÃO DE GLICOSE EM HUMANOS

Leanderson André
Pedro Bertemes Filho

DOI 10.22533/at.ed.67120020717

CAPÍTULO 18 224

ENTENDIMENTO DOS CONTROLES E POSSÍVEIS CONFLITOS DE PRIVACIDADE NAS REDES SOCIAIS ONLINE

Talita de Souza Costa
Marbilia Possagnolo Sérgio
Regina Marin

DOI 10.22533/at.ed.67120020718

CAPÍTULO 19 236

MODELAGEM DE PROBLEMA ELETROSTÁTICO UTILIZANDO ELEMENTOS FINITOS

Julia Grasiela Busarello Wolff
Pedro Bertemes Filho

DOI 10.22533/at.ed.67120020719

CAPÍTULO 20	252
SISTEMA DE MONITORAÇÃO DE CULTURA CELULAR <i>IN VITRO</i> VIA BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA: REGRAS DE PROJETO	
Kaue Felipe Morcelles	
Pedro Bertemes Filho	
DOI 10.22533/at.ed.67120020720	
SOBRE OS ORGANIZADORES.....	265
ÍNDICE REMISSIVO	266

PAINEL DE BORDO - UMA INÉDITA PLATAFORMA COMPUTACIONAL EM UTILIZAÇÃO NO NOVO CENTRO DE OPERAÇÃO DA CEMIG-D

Data de aceite: 01/06/2020

Data de Submissão: 13/03/2020

Tiago Vilela Menezes

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
Belo Horizonte/Minas Gerais.
<http://lattes.cnpq.br/8983794350070959>

Bruno Henrique da Silva

<http://lattes.cnpq.br/7895466474396169>
Centro Universitário de Sete Lagoas - MG

Carlos Jose de Andrade

Universidade Vale do Rio Doce – Univale
Governador Valadares/Minas Gerais

Huliton Paz de Oliveira

Escola Técnica de Uberlândia – Uberlândia/Minas
Gerais

Marco Aurélio da Silva Fereda

Universidade Federal Uberlândia – Uberlândia/
Minas Gerais.

Odimar José Bezerra Lima

Universidade Presidente Antônio Carlos, UNIPAC
– Barbacena/Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/8919117693310806>

Rafael Carneiro Motta

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
Belo Horizonte/Minas Gerais.

RESUMO: Este trabalho traz uma síntese das principais características da nova plataforma computacional – Painel de Bordo em uso no Centro de Operação - COD da Cemig-D desde 2016, destacando-se os benefícios da sua utilização na operação em tempo real do sistema elétrico de potência. O Painel de Bordo traz ineditismo ao COD ao disponibilizar novas informações e dados do sistema elétrico em uma única plataforma corporativa, possibilitando análises e decisões antes inviáveis com os procedimentos tradicionais suportados, na sua maioria, em dados da ferramenta de supervisão e controle SCADA, principalmente em situações de contingências e desligamentos de elementos do sistema elétrico.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de Distribuição, Operação em Tempo Real, Plataforma Georreferenciada Integrada, Painel de Bordo, Consciência Situacional

DASHBOARD PANEL - A PIONEERING COMPUTACIONAL PLATFORM IN USE IN CEMIG'S NEW OPERATION CENTER

ABSTRACT: This works presents a summary about the main features of the new computational tool Dashboard Panel in use at Cemig-D's Operation Center - COD since 2016, emphasize

the advantage from its application in Real Time Operation of Electrical Power System. The Dashboard Panel brings newness to COD while it provides in a single corporate platform, electrical system new information and data, enabling analysis and decisions, before impractical by traditional procedures mostly based on SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition, mainly in occurrence of the electrical system and/or in breakdown of electrical system elements.

KEYWORDS: Distribution System, Real Time Operation, Integrated Georeferenced platform, Dashboard Panel, Situational Awareness

1 | INTRODUÇÃO

Com os novos contratos de Concessão do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica no Brasil que passaram a vigor a partir de 2015, manter um alto patamar de qualidade do fornecimento com custos eficientes se tornou ainda mais relevante para a sustentabilidade do Negócio Distribuição nas Empresas. A ANEEL pode abrir processo administrativo com possibilidade de caducidade da concessão (1) se forem violados os indicadores de qualidade do serviço, DEC e FEC¹ em determinadas circunstâncias. Neste novo cenário, a área de operação da Cemig vem aprimorando seus procedimentos e ferramentas, principalmente a partir de 2010 com a unificação dos 7 (sete) Centros de Operação - COD regionais em um único COD em Belo Horizonte, e o Painel de Bordo é uma destas ferramentas. Caracteriza-se como uma plataforma computacional, cujo diferencial está na disponibilização de informações e dados inéditos para o tempo real, tanto no tipo quanto na forma, com dados georreferenciados integrados e sobrepostos ao sistema elétrico de potência - SEP que, somada às tradicionais técnicas de monitoramento e controle via sistema SCADA² e outras ferramentas de apoio, está contribuindo com melhorias na chamada consciência situacional dos operadores (2) (grau de coincidência sobre os aspectos influenciadores da operação do SEP), permitindo que estes consigam tomar decisões e ações de tempo real com mais velocidade e assertividade.

O Painel de Bordo aplica-se ao que se chama de Sistema Elétrico de Alta Tensão da (Sistema AT), que compreende cerca de 17 mil km de Linhas de Distribuição – LD e 400 subestações – SE, responsáveis pelo suprimento da área de concessão no estado de Minas Gerais de 567 mil km² com 8,5 milhões de clientes.

O texto está organizado em 5 Tópicos. Neste Capítulo 1 tem-se a contextualização geral, no Capítulo 2 estão os motivadores do desenvolvimento, no Capítulo 3 as características, funcionalidades e os benefícios do uso do Painel de Bordo na operação em tempo real. No Capítulo 4 estão mostrados dois casos reais de utilização e finalmente o Capítulo 5 com as conclusões e descrição dos aperfeiçoamentos em desenvolvimento.

1 FEC (frequência média de interrupção do fornecimento por consumidor) e DEC (tempo médio da interrupção por consumidor)

2 SCADA – Sistema de Supervisão e Controle Remoto

2 | MOTIVADORES

Os motivadores para a construção do Painel de Bordo originaram-se dos desafios inerentes de um sistema elétrico de grande porte, capilarizado, extenso e heterogêneo nas suas características técnicas, além da carência de uma ferramenta que produzisse e integrasse informações e sinais afetos à operação em tempo real, além dos tradicionais dados/grandezas elétricas que são disponibilizadas via sistema SCADA.

2.1 Operação em Tempo Real - Influenciadores

A Figura 1 mostra um desenho ilustrativo resumido dos grupos de fatores em torno do sistema elétrico que interferem na qualidade da operação em tempo real, destacando onde Painel de Bordo traz a sua contribuição ao COD.

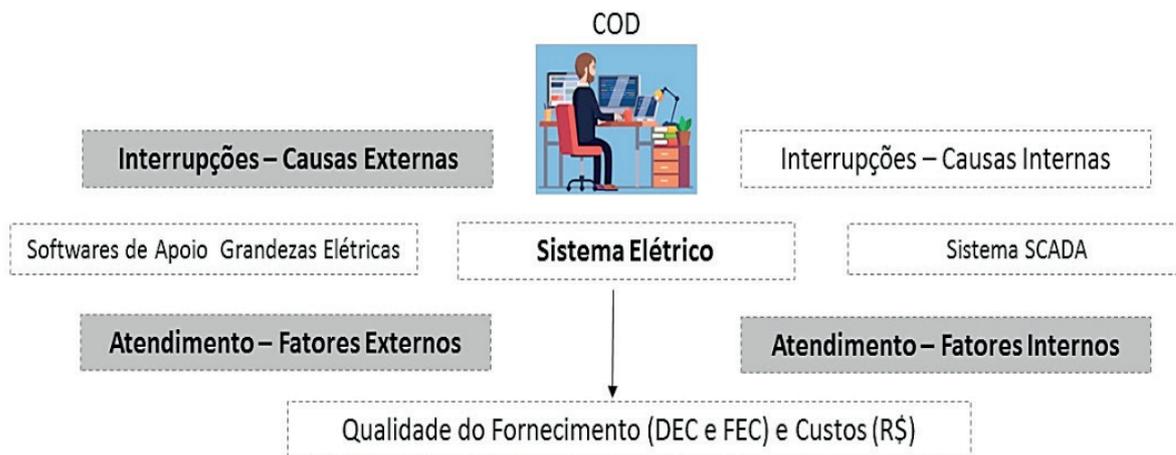
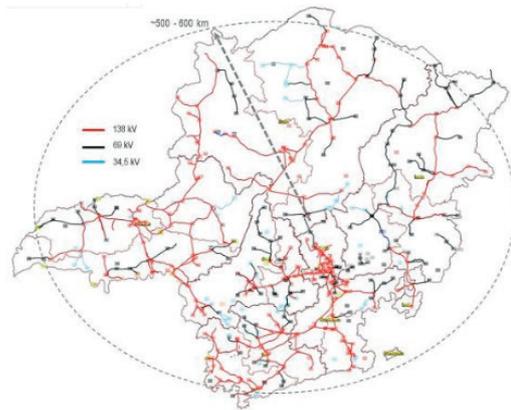


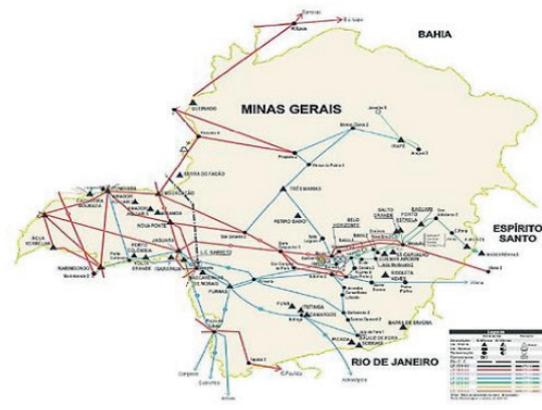
FIGURA 1 – Fatores Influenciadores - Operação em Tempo Real do SEP

2.2 Características do Sistema Elétrico

As particularidades do Sistema AT Cemig-D estão mostradas junto com o Sistema de Transmissão da área Minas na intenção de facilitar o entendimento dos desafios específicos do COD, a começar pelas respectivas Topologias mostradas nos mapas elétricos da Figura 2.



Sistema AT Cemig-D (3)



Sistema de Transmissão - MG (4)

FIGURA 2 – Sistema Elétrico AT e de Sistema de Transmissão

O Sistema de Distribuição AT tem naturalmente menos interligações do que o Sistema de Transmissão, ainda com eixos radiais e extensão similar à malha de 345 kV do Sistema Interligado Nacional – SIN (5). Os níveis de tensão típicos de 34,5 kV até 138 kV possuem confiabilidade inferior, sendo mais vulnerável à fatores externos que impactam seu desempenho. Outra característica são as distâncias envolvidas, já que o sistema AT atende os extremos da área de concessão, com raio médio de 500km a 600km, o que reflete complexidades de acionamentos e deslocamentos.

A Tabela 1 resume as diferentes características dos Sistemas Elétricos e os respectivos desafios do COD na operação em tempo real, constituindo-se parte dos motivadores para criação do Painel de Bordo em Módulos Múltiplos apresentados no Capítulo 3.

Características	Transmissão	Distribuição	Limitações/Desafios no COD
Topologia	Anel	Radial e Anel	Restrição de transferências de carga
Interligações	(N-1) Maioria	(N-1) Parcial	Menores flexibilidades operativas
Exposição à Falhas	Menor	Maior	Maior n° de falhas
Capilaridade	Menor	Maior	Maior Área de Exposição
Operadores nas SE	Maioria	Sem	Limitações de manobras remotas
Distâncias Equipe x Instalações	Menor	Maior	Maior tempo de deslocamentos
Acessos às Instalações	Urbano/Rural	Muito Rural	Com acessos complexos
Disponibilidade de Comunicação	Maior	Menor	Maior dificuldade em áreas distantes
Nível de Telecontrole	Reduntante	Parcial	Há perdas de telecontrole
Oscilografias Remotas	Maioria	Parcial	Maior tempo de análises de faltas
Indicador Regulatório	ParcelaVariável	cliente x tempo	Qualidade medida 24hs por dia

TABELA 1 – Características do SEP e Desafios COD na Operação em Tempo Real

2.3 Ferramentas Tradicionais - Limitações

As ferramentas de supervisão e controle elétrico via sistema SCADA naturalmente concentram-se nas variáveis elétricas, alarmes e proteções gerados, ficando o operador um tanto “cego” quanto aos outros fatores (externos e internos) que interferem no desempenho do SEP e nas decisões da operação do tempo real. Um resumo destas limitações está mostrado na Tabela 2.

Ferramentas Isoladas	Informação Disponibilizada	Limitação no COD
Fator Interno - Sistema SCADA	Grandezas Elétricas Pontuais, Alarmes e Comandos	Limitado ao telecontrole e telesupervisão Sem visão gráfica dos Fatores Externos e Internos (apresentados no capítulo 3)
Fator Interno - Diagramas Elétricos	Desenhos isolados de SE e LD	Sem georreferenciamento Sem Integração com outros Fatores
Fator Interno - Clientes Interrompidos	Tabela estática de Clientes Interrompidos	Sem gráficos de visualização Sem visão temporal por região Sem Comparação com limites regulatórios
Fator Externo - Sites de Meteorologia	Nuvens e descargas atmosféricas	Despadronização Acesso por Iniciativa Individual Sem Integração com Sistema Elétrico

TABELA 2 – Ferramentas e Limitações

3 | OS BENEFÍCIOS DO PAINEL DE BORDO PARA A OPERAÇÃO DO SEP

Este item descreve quais foram os requisitos básicos para construção dos Módulos Funcionais do Painel de Bordo, as características e as forma de aplicação e respectivos benefícios para as ações em tempo real no Centro de Operação

3.1 Requisitos e Características de TI

Os requisitos definidos com a área de TI da Cemig, responsável pela construção da plataforma, foram fundamentais para permitir que as funcionalidades do Painel de Bordo estivessem coerentes com as necessidades e dificuldades práticas do dia a dia dos operadores do COD, possibilitando garantir os seguintes ganhos observados

- a. Interface gráfica de fácil acesso;
- b. Para uso simultâneo de múltiplos usuários;
- c. Com multiplas camadas de informações georreferenciadas, integradas e sobrepostas ao sistema elétrico;
- d. Flexível para inserção de novos módulos funcionais e disponibilidade 24hs

O ponto de partida foi uma ferramenta interna Cemig chamada Geogoo, desenvolvida por uma área específica de manutenção, que se tornou disponível em 2014, e que fazia o registro e visualização de descargas atmosféricas detectadas pelo SLT – Sistema de

Localização de Tempestades sobreposta ao sistema elétrico.

O Painel de Bordo evoluiu para uma Infraestrutura Corporativa de Dados Espaciais (IDE) implantada na Cemig em 2015 para reorganizar o armazenamento, o acesso e a padronização do acervo de informações geoespaciais da empresa. A IDE é um conjunto integrado de tecnologias, políticas e procedimentos que possibilita a geração, o armazenamento e compartilhamento de informações geoespaciais interna ou externa, no âmbito da empresa.

Engloba um grande volume de imagens de satélites de alta, média e baixa resolução, utilizando o formato de webservices geográficos dos tipos WFS, WMS, WMTS, e outras, todas seguindo o padrão internacional OGC (Open GeoSpatial Consortium), uma organização voluntária internacional voltada para a definição dos padrões para uso e disseminação de informações geoespaciais. A Integração dos Módulos do Painel de Bordo se dá de forma automática e agendada através de Fluxos na ferramenta de ETL³ Geográfico FME⁴.

3.2 Benefícios

Mesclados com as habilidades e experiências dos operadores, os benefícios do Painel de Bordo para o COD tem se dado nas seguintes situações de tempo real:

- a. Condição Normal: Evitar e/ou minimizar o número de interrupções (FEC), com ações preventivas;
- b. Contingências: Reduzir o tempo de religamento para o maior número de clientes (DEC), com ações proativas;
- c. Otimizar e reduzir custos de equipes, no campo e no próprio COD (R\$).

Destacam-se os ganhos de proatividade e fluxo de interação do COD com as equipes e campo, antes limitado aos dados do SCADA e de descargas atmosféricas. Ressalta-se que o Painel de Bordo tem sido utilizada por outras áreas da empresa com relação direta com o sistema elétrico, por exemplo, planejamento, manutenção, automação. Os Módulos dos Fatores Externos e Internos ao sistema elétrico e respectivos benefícios proporcionados, estão apresentados na Tabela 3, para Condição Normal e Contingência do Sistema Elétrico.

³ ELT em inglês, Extraction, Transformation e Load. Refere às etapas pelas quais os dados passam antes de prontos para uso

⁴ FME em inglês, Feture Manipulator Engine. Plataforma de processamento e manipulação de dados geoespaciais

Módulo Fatores Externos	Condição Normal	Contingência
1 -Alertas Meteorológico	a) Aumentar a previsibilidade de riscos de interrupção por estes fatores	i) Mais informações auxiliando a interpretação dos eventos no SCADA
2 - Radar Meteorológico	b) Antecipar configurações operativas para melhorar a segurança	j) Maior assertividade na suspeita de falhas e realização de novos testes
3- Satélite Meteorológico	c) Otimizar preventivamente postos de operação do COD	k) Melhor acerto na indicação de possíveis locais de falta
4 -Descargas Atmosféricas	d) Antecipar e/ou prorrogar operadores do COD	l) Melhor orientação para as equipes de campo sobre o tipo provável de falha
5- Queimadas	e) Alertar e/ou acionar preventivamente equipes de campo para eliminar riscos iminentes	m) Melhor visão espacial de acessos e relevo para orientação das equipes de campo em inspeções
6 -Imagem de Satélite – Solo/ Vegetação	f) Melhorar a assertividade do quantitativo de sobreaviso	n) Melhor histórico para análise de pós-operação
7- Cidades/Estradas	g) Realizar ajustes na execução de intervenção programada	
8 -Divisões Regionais	h) Melhorar a indicação em inspeções de falhas transitórias	
Módulo Fatores Internos	Condição Normal	Contingência
9 - SE e LD	o) Melhor visão espacial do SEP e posicionamento relativo das equipes de campo	r) Melhor visão espacial do SEP para interpretação de ocorrências
10 - SE Móveis		s) Mais assertividade em novos testes remotos
11- Estruturas de LD	p) Melhor visão das bases fixas das equipes, agilizando acionamentos	t) Visualização de imagem de estruturas de LD permitindo melhor avaliação de falhas e disparo de inspeções
12 – Alimentadores de rede de média tensão - MT	q) Melhor visualização das equipes em serviço, agilizando acionamentos	u) Otimização de acionamentos das equipes mais próximas às falhas
13- Bases de Equipe de SE e LD		v) Acionamento mais ágil para disparar o uso de SE móveis
14- Veículos de Equipe de SE e LD em serviço		w) Visualização do deslocamento de equipes em atendimento
15- Veículos de Equipe de Rede MT em serviço		

TABELA 3 – Benefícios do Painel de Bordo para o COD na Operação em Tempo Real

3.3 Módulos Funcionais

Este item apresenta o conteúdo das informações geradas pelos Módulos Funcionais, que podem ser visualizados de forma simultânea ou não, e como são obtidos os benefícios a partir da sua utilização pelo COD.

a. Visão Geral e Módulos de Acesso

A Figura 3 mostra a Tela Inicial do Painel de Bordo com o sistema elétrico AT georrferenciado, e ao lado direito a imagem ampliada da janela de acesso aos Módulos.

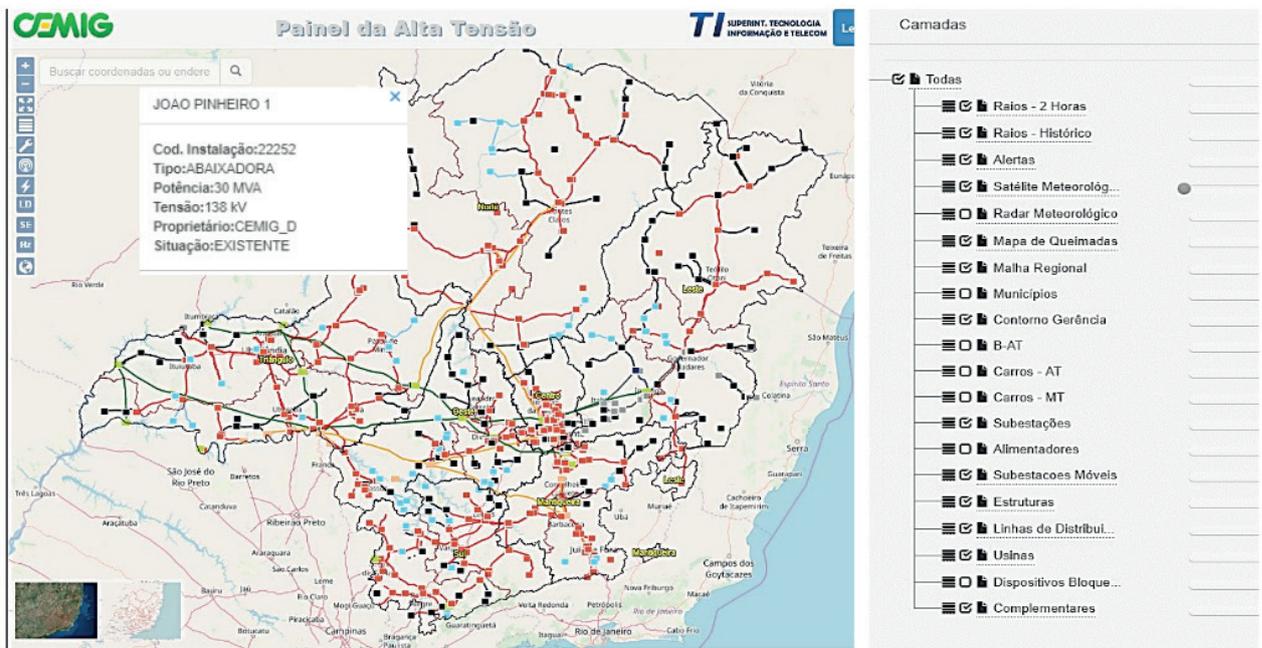
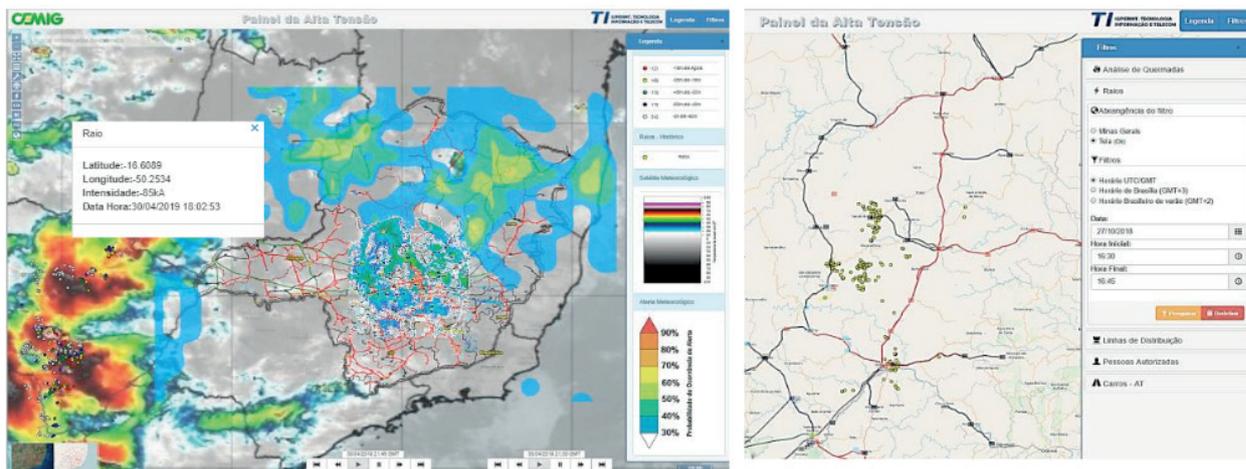


FIGURA 3 – Tela Inicial do Painel de Bordo e Acesso aos Módulos Funcionais

O Sistema Elétrico AT mostrado é georreferenciado, com as SE (quadrados) e as LD (linhas com as cores indicando níveis de tensão). No canto inferior esquerdo do mapa, a imagem de fundo pode ser alternada para visão de satélite, permitindo conhecer relevo, vegetação, topografia, etc.. Na janela dos Módulos, do primeiro ao nono estão os Fatores Externos e na sequência os Internos. A intensidade da visualização dos Módulos é ajustável pelo ícone ao lado.

b. Módulo de Fatores Externos – Dados Meteorológicos e Queimadas

A Figura 4 à esquerda mostra o módulo do Radar Meteorológico (círculo na região central de MG), do Satélite Meteorológico (manchas avermelhadas), de Descargas Atmosféricas (pontos coloridos) e dos Alertas Meteorológicos (áreas em azul) sobrepostos ao sistema elétrico. A imagem à direita mostra o Módulo do histórico de Descargas Atmosféricas mais utilizada na pós-operação e na gestão da manutenção para consulta de dias ou meses anteriores.



Descargas Atmosféricas, Satélite Meteorológico e Alertas

Descargas Atmosféricas – Consulta histórica

FIGURA 4: Módulo de Fatores Externos - Eventos Meteorológicos

As legendas ficam disponíveis do lado direito do mapa elétrico. Para as descargas, quanto mais “quente” a cor do ponto, mais recente é a incidência, que são gravadas em intervalos de 15 minutos (janela de até 120 min), mostrando intensidade (kA), local, dia e hora. Para as nuvens, quanto mais “quente” a cor, maior a intensidade da formação, e para os alertas com janela de até 7 dias, quanto mais “quente” a cor, maior a probabilidade desta previsão acontecer.

Ainda para os fatores externos, a Figura 5 mostra a informação de queimadas (símbolos coloridos de fogo no mapa).

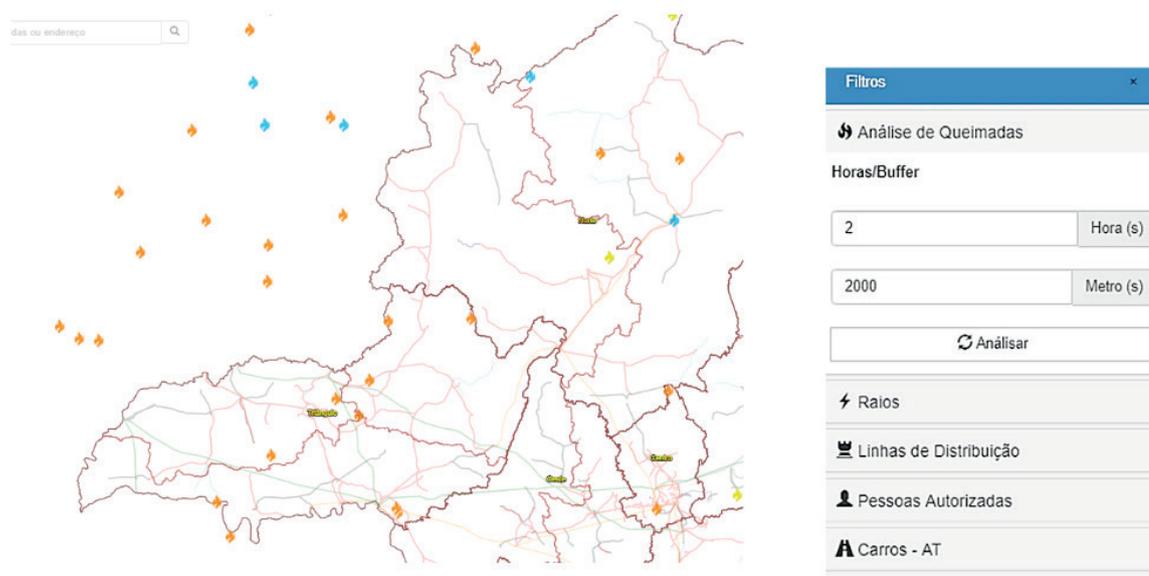


FIGURA 5: Módulo de Fator Externo - Queimadas

Os focos de queimadas podem ser vistos no intervalo de 24hs discriminados a cada 3 horas. Quanto mais “quente” a cor, mais recente é o evento. O COD normalmente deixa visível as queimadas das últimas 3 horas e no máximo a 2.000 metros distantes do sistema

elétrico, como indicado na imagem da direita da Figura 5.

Conforme a Tabela 3, com as informações dos Fatores Externos em tempo real, o COD tem conseguido atuar com mais assertividade, tanto preventivamente para melhor se preparar no caso de interrupções e para eliminar/reduzir riscos de interrupção quanto em contingências, utilizando-os para reduzir o tempo e custos de reestabelecimento.

c. Fatores Internos – Sistema Elétrico, Bases Operativas e Veículos

Na Figura 6 estão mostrados sobrepostos ao sistema elétrico (SE e LD), em sentido horário, o módulo de SE móveis, de estruturas de LD, de alimentadores de rede, de bases operativas e de veículos das equipes em tempo real.

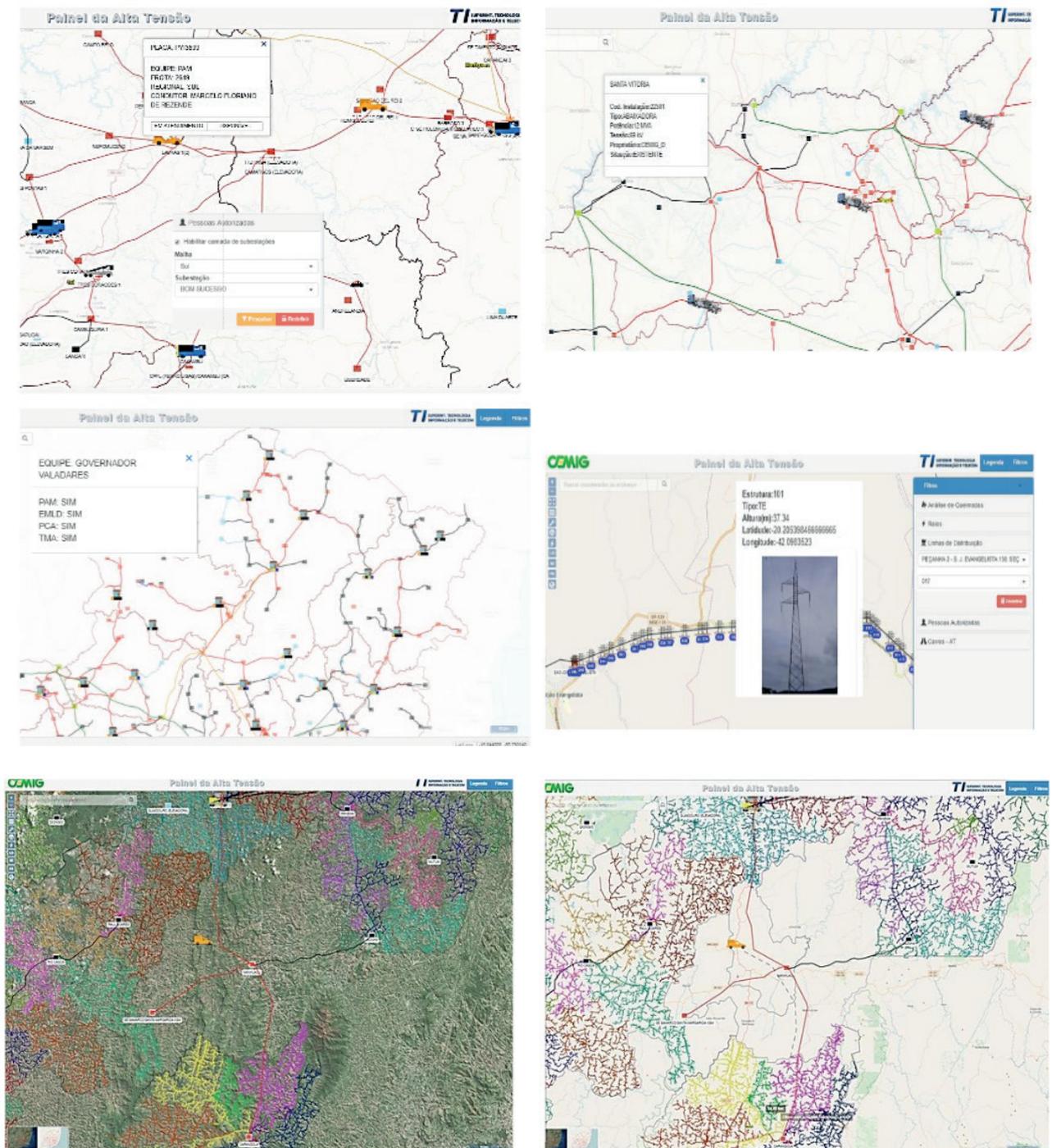


FIGURA 6: Módulo de Fatores Internos – Sistema Elétrico, Veículos e Bases Operativas

O módulo de SE Móveis é que permite ao COD visualizar a localização, características e disponibilidade destas instalações para acionamentos emergenciais com mais velocidade. O módulo de estruturas de LD é o que possibilita identificar remotamente as características das estruturas e fotos (madeira, concreto, metálica). O módulo de alimentadores é o que permite visualizar a rede e as possíveis interferências com LD e transferências de carga entre SE no caso de contingências. O módulo de Bases Operativas é o que possibilita ao COD visualizar quais os tipos e local das equipes e o módulo de Veículos em Serviço é o que permite visualizar em tempo real a posição e os deslocamento dos tipos de veículos e encontrar aquele mais próximo em serviço para o atendimento emergencial.

Conforme citado na Tabela 3, com as informações dos Fatores Internos em tempo real, o COD consegue tomar novas ações com mais velocidade e assertividade, principalmente nas situações de contingência. Por exemplo, agilizar decisões de emergência, fazer testes adicionais com segurança, melhorar a escolha dos acionamentos, a indicação dos prováveis tipos e pontos de falta, reduzindo tempo e custos de reestabelecimentos.

d. Módulo – Clientes Desligados e Controle do Montante de Uso do Sistema de Transmissão - MUST

A Figura 7 mostra à esquerda o Módulo de Gráfico Temporal de Cliente Interrompido e à direita o Módulo de Controle do MUST em tempo real.

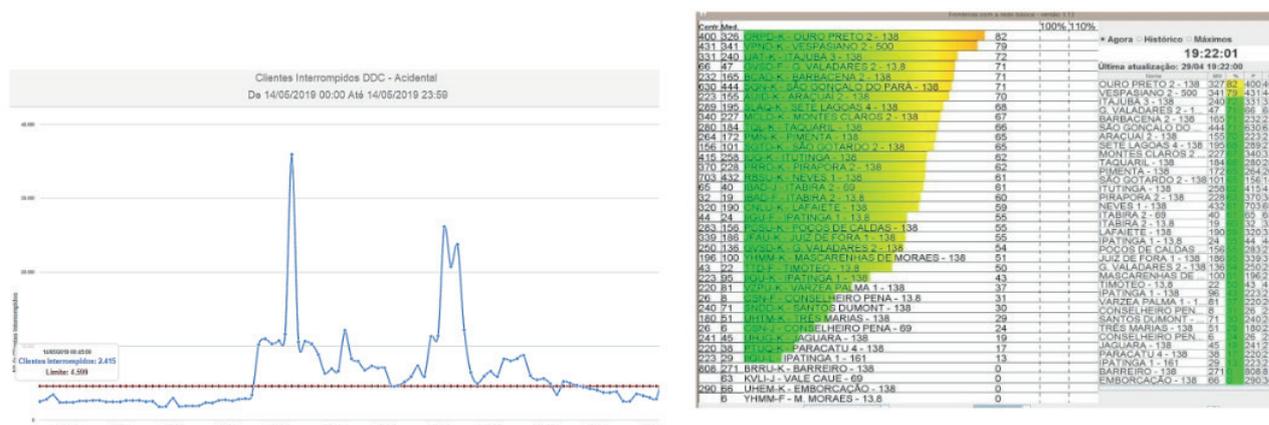


FIGURA 7: Módulo de Qualidade do Fornecimento e MUST

A linha reta vermelha é o limite regulatório diário do DEC e a linha azul é a visualização temporal 24hs dos clientes interrompidos. Imediatamente após um desligamento de uma SE ou LD, o COD consegue perceber o impacto na qualidade do fornecimento através dos picos observados no gráfico, servindo de base para avaliar o grau de urgência das ações de reestabelecimento. No painel do MUST, cada linha é um ponto de Conexão com a Rede Básica, facilitando a supervisão geral do MUST, permitindo ações rápidas de

controle para evitar violações regulatórias (6).

3.4 Painel de Bordo na Sala de Controle do COD

A Figura 8 é uma foto da sala de controle do COD e ilustra a disposição do Painel de Bordo.



FIGURA 8 – Painel de Bordo no VideoWall do COD

A localização central no telão (*videowall*) tem trazido ganhos para uniformizar a atenção dos operadores no sentido de dar abrangência e padronização sobre o grau de riscos ao sistema elétrico relativos aos Fatores Externos, além de estimular e facilitar o apoio mutuo entre postos de operação, produzindo decisões mais compartilhadas.

4 | RESULTADOS – USO DO PAINEL DE BORDO EM CONTINGÊNCIAS

Este tópico apresenta duas situações reais de aplicação do Painel de Bordo pelo COD mostradas na Figura 9, sendo que a da esquerda ilustra a contingência em uma LD e a da direita em uma SE.

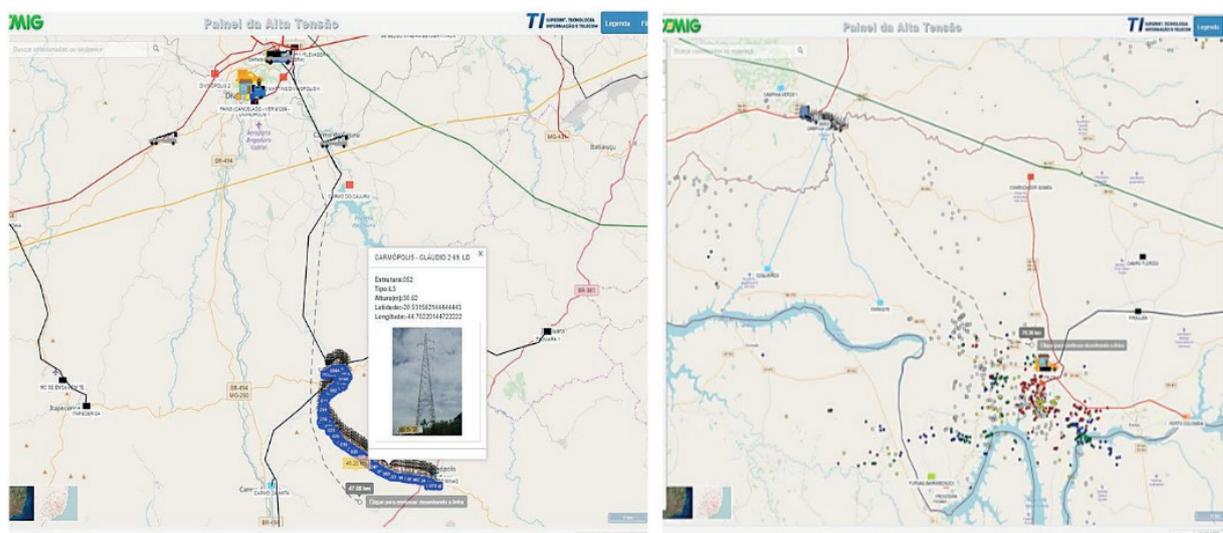


FIGURA 9 – Casos Reais de Aplicação do Painel de Bordo em Contingências.

A LD em contingência foi a LD radial 69 kV Cláudio 2 – Carmópolis, localizada no oeste do Estado, responsável pelo suprimento de cerca de 50 mil pessoas. Possui as características de Distribuição mostrados na Tabela 1, dentre elas, a ausência de operadores nas SE adjacentes, acessos rurais complexos, sem oscilografias remotas e telecontrole parcial. Através do SCADA, o COD visualizou os testes de religamento automático e as proteções operadas. Sem o Painel de Bordo, a ação seguinte do COD era acionar via telefone as equipes para manobras e inspeções locais, e aguardar contato telefônico do campo, sem mais informações e ações proativas. Com o Painel de Bordo, o operador do COD, neste caso, ampliou o seu campo de atuação com ações adicionais proativas, parte supracitadas na Tabela 3:

- Vegetação e relevo próximos: constatado morro e área de mata: hipótese de causa árvore;
- Ponto de falta indicado pelo relé: observado pelo Painel a presença de plantação de eucalipto;
- Tipo de Estruturas: verificou-se que era estrutura metálica robusta;
- Meteorologia e Queimadas: constatou-se que havia descargas atmosféricas, mas longe da LD e sem queimadas;
- Realização de novos testes: baseado nas informações, não foram feitos novos testes remotos pelo COD;
- Transferências de carga: foi observado pela rede MT que havia poucos pontos de interligação com outras SE;
- Limite regulatório de cliente interrompido: pode-se ver de imediato a violação do limite diário e a evolução temporal;
- Base Operativa: rapidamente o COD consultou qual base operativa e tipos de equipes estariam mais próxima;
- Equipes acionadas: foi possível visualizar e acionar as equipes de SE e LD em serviço e mais próximas;
- Interação com o campo: todas essas informações foram compartilhadas com as equipes acionadas;
- Deslocamento das equipes: foi possível acompanhar os deslocamentos e estimar o tempo de chegada no local, sem necessidade de novas ligações telefônicas que pudessem atrapalhar as equipes de campo e o próprio COD.

A equipe de LD foi para o local mais preparada com as informações prévias. Chegou ao local, confirmou árvore de grande porte fora da faixa de servidão sobre a LD, a retirou, e o COD reestabeleceu o sistema elétrico.

Nova caso da SE, a contingência foi na SE Frutal, localizada no Triângulo Mineiro, responsável pelo suprimento de quase 100 mil pessoas. Como no caso anterior, possui características de Distribuição mostrados na Tabela 1, dentre elas, ser radial, sem operadores nas SE, acessos rurais complexos, sem sinal de telefonia em alguns pontos,

sem oscilografias remotas e telecontrole parcial. Através do SCADA, o operador do COD visualizou as proteções operadas, fez as manobras e testes iniciais, sendo não satisfatórios. Sem o Painel de Bordo, a ação seguinte do operador era acionar via telefone a equipe de SE para manobras e inspeções locais, e aguardar contato telefônico, sem mais informações. Com o Painel de Bordo, o operador do COD, neste caso, ampliou seu campo de atuação com ações adicionais proativas, parte supracitadas na Tabela 3:

- Meteorologia e queimadas: constatou-se que havia muitas descargas atmosféricas sobre a SE, sem queimadas;

- Realização de novos testes: baseado nas informações, foram feitos novos testes remotos pelo COD;

- Transferências de carga: foi observado pela rede MT que havia pontos de interligação com outras SE;

- Limite regulatório de cliente interrompido: pode-se ver que o limite diário foi violado no momento;

- Equipes acionadas: foi possível visualizar e acionar as equipes de rede MT e de SE disponíveis e mais próximas;

- Interação com o campo: todas essas informações foram compartilhadas com as equipes acionadas;

- Deslocamento das equipes: foi possível acompanhar os deslocamentos e estimar o tempo de chegada no local, o que antes não se conseguia, principalmente nos trechos sem sinal de telefonia;

- SE Móvel: o COD verificou de imediato que existia uma SE Móvel disponível a 95 km de distância, o que agilizaria a decisão sobre este recurso, caso necessário. Antes, gastava-se bom tempo consultando a área de manutenção.

A equipe de rede MT chegou na SE Frutal antes da equipe de SE, fez as primeiras inspeções e verificou a suspeita de isolador danificado. A equipe de SE que estava mais preparada com as informações prévias, chegou em seguida, confirmou isolador do barramento de 13,8 kV danificado, fez os reparos e o COD reestabeleceu o sistema elétrico. Em ambos os casos, foi possível um decréscimo próximo de 30% no tempo de reestabelecimento e uma redução que pode ter atingido 20% nos custos de equipes e de deslocamentos. Na contingência da LD, as distâncias de deslocamento foram de 45km, e sem o Painel de Bordo poderiam ter chegado a 80km. Na contingência da SE, a informação antecipada de suspeita de descarga atmosférica fez a equipe passar pela base operativa e preparar a logística de material, dentre estes, isoladores reservas.

5 | CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma síntese da nova plataforma computacional Painel de Bordo, em uso no Centro de Operação da Cemig-D desde 2016, que vem trazendo ganhos

na gestão de informações afetas ao tempo real e, conseqüentemente, na assertividade das ações dos operadores.

Os motivadores foram as próprias características do sistema elétrico, de grande porte e heterogêneo, com complexidade de operação remota e no campo, associadas à constatação de que a supervisão e telecontrole do sistema elétrico via SCADA pelo COD precisava ser complementada com a visualização de outros fatores afetos à operação em tempo real, o que passou a ser possível com o Painel de Bordo.

A construção da ferramenta pela equipe própria da TI da Cemig a partir dos requisitos dos operadores do Centro de Operação - COD foi fundamental para garantir agilidade de desenvolvimento, praticidade no uso e flexibilidade para aplicação de novos módulos.

Os benefícios para a operação em tempo real são observados em condição normal e, principalmente, em situações de contingências, ao disponibilizar o acesso imediato de informações de outros fatores além dos dados do SCADA, e que interferem nas análises e decisões do COD, de forma georreferenciada e sobreposta ao sistema elétrico. Os dois casos práticos de aplicação descritos sinalizaram redução de 30% e de 20% nos tempos e nos custos de reestabelecimentos, respectivamente, quando o COD utilizou dados adicionais do Painel de Bordo nas decisões.

Como trabalhos futuros, citam-se os novos módulos em fase de estudos e/ou construção no Painel de Bordo, dentre eles o Módulo de Geradores, Módulo de Estruturas Emergenciais Disponíveis, Módulo de Imagens de Vídeo de Subestações, Módulo de Limites de Capacidade das Instalações e Instruções Operativas e o Módulo das Intervenções Programadas em Andamento, todos para aumentar o domínio da consciência das condições operativas e dos fatores que afetam as decisões em tempo real no Centro de Operação.

REFERÊNCIAS

- (1) ANEEL, Contrato de Concessão de Distribuição ANEEL e Cemig-D – Quinto Termo Aditivo, de 21/12/2015;
- (2) Endsley, Mica R, Human Factor, Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic System, de 1995;
- (3) Cemig, Sistema Georreferenciado Cemig-D, Painel de Bordo, de 12/2015;
- (4) ONS - PEL 2018 ONS – Plano de Operação Elétrica 2018/2019 – Volume III Principais Aspectos do Desempenho do SIN e Recomendações – Tomo 4: Área Minas Gerais, de 08/2018;
- (5) ONS - <http://ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>, 05/2019;
- (6) ANEEL, Resolução ANEEL 666/2015 - Montante de Uso do Sistema de Transmissão - MUST, de 06/2015.

ÍNDICE REMISSIVO

SÍMBOLOS

5G 69, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 95, 96

A

Antenas de microfita 95, 96, 107

Ataques de rede 130

Automação 2, 40, 59, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 79, 80, 159, 163, 167, 168, 260

C

Chave 2, 17, 26, 37, 40, 54, 69, 74, 75, 82, 96, 108, 130, 139, 151, 157, 170, 190, 201, 213, 216, 224, 236, 253

Computação 95, 129, 139, 140, 141, 152, 153, 156, 190, 192, 198, 200, 211, 260

Comunicação 1, 4, 5, 14, 22, 23, 24, 28, 36, 57, 69, 70, 71, 74, 76, 77, 81, 95, 96, 97, 99, 102, 106, 111, 112, 121, 122, 124, 130, 132, 133, 226, 260

Controle 1, 2, 3, 4, 5, 9, 15, 16, 23, 24, 26, 27, 29, 32, 33, 34, 36, 38, 40, 41, 47, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 58, 64, 65, 73, 75, 77, 133, 158, 159, 163, 165, 166, 167, 168, 225, 227, 228, 234, 253, 256, 261, 264

CyberSegurança 130

D

Desempenho 4, 34, 57, 58, 68, 69, 75, 82, 95, 99, 106, 109, 112, 113, 114, 117, 120, 122, 123, 125, 139, 142, 144, 145, 149, 153, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 188, 202, 203, 209, 215, 261

Dinâmico 1, 2, 3, 4, 5, 6, 15, 252

E

Equação polar 96, 97, 98, 99

Equilíbrio 1, 2, 3, 4, 5, 142, 171, 172, 173, 175

F

Fauna 17, 18, 25

Filtro de Kalman 1, 2, 5, 10, 12, 14, 15

I

Indicadores 18, 37, 55, 69, 76, 77, 117, 141, 199

Informação 27, 28, 29, 32, 36, 58, 62, 67, 77, 111, 121, 130, 131, 133, 135, 151, 152, 153, 154, 156, 193, 199, 210, 222, 224, 225, 227, 235, 254, 255

Irrigação 40, 41, 45, 46, 47, 50, 52, 53

L

LQR 1, 2, 5, 10, 13, 14, 15

M

Máquinas virtuais 139, 141, 142, 143, 144

Migração 139, 141, 142, 143, 144, 145, 148, 252

N

Nuvem 139, 140, 141, 142, 145

O

Osmose 40, 41, 43, 44, 45, 49, 51, 52

P

Pentest 130, 134, 135, 137

Programação linear inteira mista
139

Proteção 17, 134, 135, 172, 173, 179, 187

R

Redes corporativas 130, 131

Robô 1, 3, 4, 5, 6, 9, 15, 17, 18, 21, 22, 23, 24

S

Segurança 21, 22, 24, 25, 30, 34, 60, 64, 72, 73, 75, 130, 131, 132, 133, 135, 137, 151, 152, 153,
156, 158, 159, 160, 161, 164, 167, 168, 175, 177, 188, 193, 211, 235

Sem fio 41, 70, 71, 79, 95, 96, 97, 99, 102, 106

Simulink 1, 2, 3, 4, 5, 14, 15, 16

Sinalizador avifauna 17, 18

Sistemas verticais 69, 70

Super fórmula de Gielis 95, 96

T

Topologia distribuída 69, 77

 **Atena**
Editora

2 0 2 0