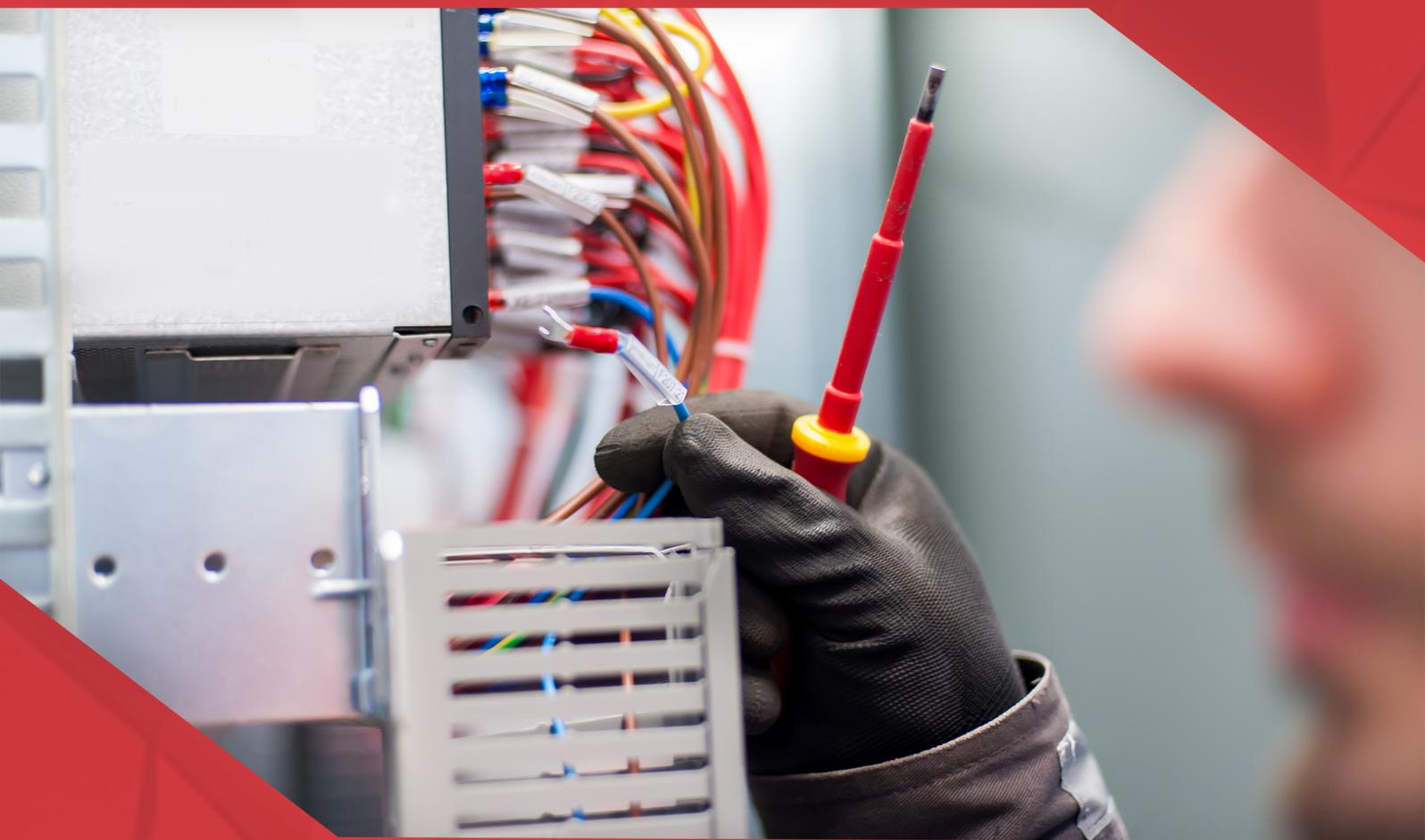


A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Elétrica

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
(Organizadores)



A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Elétrica

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
(Organizadores)



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: Karine de Lima

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

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

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

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

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di 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

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

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
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
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
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
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 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
Profª Drª 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. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

A642 A aplicação do conhecimento científico na engenharia elétrica [recurso eletrônico] / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-932-5

DOI 10.22533/at.ed.325201701

1. Engenharia elétrica – Pesquisa – Brasil. I. Dallamuta, João.
II. Holzmann, Henrique Ajuz.

CDD 623.3

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

APRESENTAÇÃO

A engenharia elétrica tornou-se uma profissão há cerca de 130 anos, com o início da distribuição de eletricidade em caráter comercial e com a difusão acelerada do telégrafo em escala global no final do século XIX.

Na primeira metade do século XX a difusão da telefonia e da radiodifusão além do crescimento vigoroso dos sistemas elétricos de produção, transmissão e distribuição de eletricidade, deu os contornos definitivos para a carreira de engenheiro eletricista que na segunda metade do século, com a difusão dos semicondutores e da computação gerou variações de ênfase de formação como engenheiros eletrônicos, de telecomunicações, de controle e automação ou de computação.

Produzir conhecimento em engenharia elétrica é portando pesquisar em uma gama enorme de áreas, subáreas e abordagens de uma engenharia que é onipresente em praticamente todos os campos da ciência e tecnologia.

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

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
PANORAMA ATUAL E CENÁRIO 2025 DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL	
Isabela Valpecovski Urbanetz Allana de Moura Netto Bruno Scolari Vicente Leite Jair Urbanetz Junior	
DOI 10.22533/at.ed.3252017011	
CAPÍTULO 2	10
GESTÃO EFICIENTE DAS ANUIDADES REGULATÓRIAS NA CEMIG DISTRIBUIÇÃO	
Rosane de Pinho Matos Viviane Fernanda de Aguiar Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.3252017012	
CAPÍTULO 3	21
DESAFIOS DA REVISÃO PERIÓDICA DE AJUSTES DE GRANDES SISTEMAS -NORMAS, PROCEDIMENTOS E FERRAMENTAS	
Rodrigo A. Benes Ferreira Mario Roberto Bastos Nilson José Francischetti Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.3252017013	
CAPÍTULO 4	36
AVALIAÇÃO ECONÔMICA E ENERGÉTICA DE UM SISTEMA INTEGRANDO MÁQUINA BIOPEIXES E REATOR MULTIFUNCIONAL PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	
Francisco de Assis da Silva Mota Francisco Francielle Pinheiro dos Santos Paula Cristina de Amorim Andrade	
DOI 10.22533/at.ed.3252017014	
CAPÍTULO 5	48
ANÁLISE DE PERDAS TÉCNICAS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO	
Francisco Jeandson Rodrigues da Silva Ailson Pereira de Moura Adriano Aron Freitas de Moura Douglas Aurélio Carvalho Costa Obed Leite Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.3252017015	
CAPÍTULO 6	61
CARACTERIZAÇÃO E ESTRATIFICAÇÃO DOS SFVCR NO BRASIL: CENÁRIO ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS	
Diego Piazza Hilgert Jair Urbanetz Junior	
DOI 10.22533/at.ed.3252017016	

CAPÍTULO 7	75
GEOCORTE CEMIG D: SELEÇÃO ÓTIMA DE ALVOS DE CORTE USANDO GEORREFERENCIAMENTO: DESENVOLVIMENTO SAP/CCS	
Wellington Fazzi Cancian Andre Luiz Soares Charles Ramos Pimenta	
DOI 10.22533/at.ed.3252017017	
CAPÍTULO 8	89
ÍNDICES DE REFERÊNCIA PARA APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA CABOS PARA-RAIOS ENERGIZADOS	
José Ezequiel Ramos Alexandre Piantini Ary D'Ajuz Valdemir Aparecido Pires Paulo Roberto de Oliveira Borges	
DOI 10.22533/at.ed.3252017018	
CAPÍTULO 9	96
A EXPERIÊNCIA DA COPEL COM RELIGADORES MONOFÁSICOS	
Maurício Varassim Hernandes Oscar Kim Júnior Fausto Aurélio Portella Garcia Guilherme Fernandes Gonçalves	
DOI 10.22533/at.ed.3252017019	
CAPÍTULO 10	108
SISTEMA DE MONITORAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA COM VISTAS A MELHORIA DA QUALIDADE DE SERVIÇO	
Klendson Marques Canuto Avilez Batista de Oliveira Lima Paulo Roberto de Oliveira Braga Juraci Gomes de Aguiar Filho André Ribeiro da Costa	
DOI 10.22533/at.ed.32520170110	
CAPÍTULO 11	122
TÉCNICA DE RESGATE PARA TRABALHOS EM INSTALAÇÕES ENERGIZADAS – MÉTODO AO POTENCIAL	
Fernando César Pepe Wlademir Braido	
DOI 10.22533/at.ed.32520170111	
CAPÍTULO 12	128
MONITORAMENTO DE DESGASTE DE CONTATOS DOS DISJUNTORES DA SUBESTAÇÃO ISOLADA À GÁS DA UHE BELO MONTE	
Davi Carvalho Moreira	
DOI 10.22533/at.ed.32520170112	

CAPÍTULO 13 139

COMPARAÇÃO ENTRE TRANSFORMADORES A ÓLEO E A SECO

Marco Antonio Ferreira Finocchio
Márcio Mendonça
Lucas de Oliveira Antunes
Jeferson Gonçalves Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.32520170113

CAPÍTULO 14 147

OTIMIZAÇÃO POR ENXAME DE PARTÍCULAS APLICADA A CONTROLADORES DE CORRENTE PARA INVERSORES CONECTADOS À REDE

Lucas Cielo Borin
Iury Cleveston
Caio Ruviaro Dantas Osorio
Gustavo Guilherme Koch
Fabricio Moretto Bottega
Vinicius Foletto Montagner

DOI 10.22533/at.ed.32520170114

CAPÍTULO 15 161

OTIMIZAÇÃO DA CONFIABILIDADE PELA ALOCAÇÃO DE CHAVES AUTOMÁTICAS E USO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA EM ILHAMENTO

Railson Severiano de Sousa
Camilo Alberto Sepúlveda Rangel
Criciéle Castro Martins
Mauricio Sperandio
Luciane Neves Canha

DOI 10.22533/at.ed.32520170115

CAPÍTULO 16 175

COMO SELECIONAR TRANSISTORES DE POTÊNCIA PARA APLICAÇÕES EM CONVERSORES ESTÁTICOS?

Edemar de Oliveira Prado
Pedro Cerutti Bolsi
Mateus José Tiburski
Éder Bridi
Hamiltom Confortin Sartori
José Renes Pinheiro

DOI 10.22533/at.ed.32520170116

CAPÍTULO 17 190

METODOLOGIA DE PROJETO DE CONVERSORES BOOST PARA APLICAÇÕES DE ALTA EFICIÊNCIA E ELEVADO GANHO DE TENSÃO

Mateus José Tiburski
Éder Bridi
Edemar Oliveira Prado
Pedro Cerutti Bolsi
Hamiltom Confortin Sartori
José Renes Pinheiro

DOI 10.22533/at.ed.32520170117

CAPÍTULO 18	203
INFLUÊNCIA DO PONTO DE OPERAÇÃO DE CONVERSORES ESTÁTICOS NO VOLUME E PERDAS DE DIFERENTES MATERIAIS MAGNÉTICOS	
<ul style="list-style-type: none"> Pedro Cerutti Bolsi Edemar de Oliveira Prado Mateus José Tiburski Éder Bridi Hamiltom Confortin Sartori José Renes Pinheiro 	
DOI 10.22533/at.ed.32520170118	
CAPÍTULO 19	218
WIRELESS CHARGER MANUFACTURING USING INDUCTIVE METHOD	
<ul style="list-style-type: none"> Maryam Liaqat Sulman Joseph Shamsa Maqsood Ali Raza Sana Aslam Waseem Imtiaz Muhammad Furqan Shoukat 	
DOI 10.22533/at.ed.32520170119	
CAPÍTULO 20	235
TRANSFORMADOR DE ATERRAMENTO EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO	
<ul style="list-style-type: none"> Djair Pamplona dos Santos 	
DOI 10.22533/at.ed.32520170120	
CAPÍTULO 21	248
OTIMIZAÇÃO DE CONVERSORES BOOST INTERCALADO DE ALTO GANHO DE TENSÃO E ALTA EFICIÊNCIA	
<ul style="list-style-type: none"> Éder Bridi Mateus José Tiburski Edemar Oliveira Prado Pedro Cerutti Bolsi Hamiltom Confortin Sartori José Renes Pinheiro 	
DOI 10.22533/at.ed.32520170121	
CAPÍTULO 22	262
DETERMINAÇÃO DE PROCEDIMENTO PARA AVALIAR A INCERTEZA NA PREVISÃO DE PRECIPITAÇÃO E VAZÃO AFLUENTE POR SISTEMAS HIDRO METEOROLÓGICOS PARA AUXÍLIO NA OPERAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS E PLANEJAMENTO HIDROENERGÉTICO	
<ul style="list-style-type: none"> Reinaldo Bomfim da Silveira Anderson Nascimento de Araujo Mino Viana Sorribas Camila Freitas Rafael Schinoff Mércio Pereira Ângelo Breda José Eduardo Gonçalves 	
DOI 10.22533/at.ed.32520170122	
SOBRE OS ORGANIZADORES	276

DETERMINAÇÃO DE PROCEDIMENTO PARA AVALIAR A INCERTEZA NA PREVISÃO DE PRECIPITAÇÃO E VAZÃO AFLUENTE POR SISTEMAS HIDRO METEOROLÓGICOS PARA AUXÍLIO NA OPERAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS E PLANEJAMENTO HIDROENERGÉTICO

Data de submissão: 06/11/2019.
Data de aceite: 03/01/2020

Sistema Meteorológico do Paraná
Centro Politécnico da UFPR S/N, Curitiba,
Paraná, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1854511330365252>

Reinaldo Bomfim da Silveira

Sistema Meteorológico do Paraná
Centro Politécnico da UFPR S/N, Curitiba,
Paraná, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7933681892702296>

Anderson Nascimento de Araujo

COPEL Geração e Transmissão S.A., Curitiba,
Paraná, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6151143218847977>

Mino Viana Sorribas

Sistema Meteorológico do Paraná
Centro Politécnico da UFPR S/N, Curitiba,
Paraná, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5139867089386922>

Camila Freitas

COPEL Geração e Transmissão S.A., Curitiba,
Paraná, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1712444462260155>

Rafael Schinoff Mércio Pereira

COPEL Geração e Transmissão S.A., Curitiba,
Paraná, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6979507669724399>

Ângelo Breda

Sistema Meteorológico do Paraná
Centro Politécnico da UFPR S/N, Curitiba,
Paraná, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7979077865747791>

José Eduardo Gonçalves

RESUMO: O objetivo do trabalho é a calibração de uma curva operacional ROC para facilitar a avaliação das simulações de chuva e vazão. O procedimento é aplicado à região Centro Sul do Brasil e também para a bacia do rio Iguaçu, no estado do Paraná e os dados de observação correspondem às estações hidrometeorológicas do Simepar e hidrológicas da COPEL. As previsões de chuva são fornecidas pelo modelo numérico de previsão do tempo COSMO (Alemanha), com espaçamento horizontal de grade de 7km e 2.8km, para o período de 5 dias. Já a previsão de vazão é fornecida pelo Sistema de Previsão Hidrológica do Simepar, SISPSHI. Os anos de 2014 e 2015 foram selecionados para avaliação, por se tratarem de períodos com vários eventos de chuva expressiva, incluindo o episódio de cheia em União da Vitória. O modelo COSMO utilizou as fronteiras do global GME, no ano de 2014 e foi atualizado em 2015 com as fronteiras do modelo ICON. O impacto desta transição no modelo NWP também foi avaliado no trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Previsão-de-chuva, Vazão-afluente, COSMO, Verificação, ROC

PROCEDURE FOR VERIFYING RAINFALL FORECASTING FOR USING ON STREAMFLOW SIMULATION FOR APPLICATIONS ON HYDRO ENERGY

ABSTRACT: The purpose of the present work is the calibration of a Relative Operation Characteristic Curve (ROC) for helping in the evaluation of rainfall simulations. The procedure is applied to the Iguaçu river basin, in the Paraná state, Brazil. The verification is performed by using 5-day periods of rainfall simulation with the DWD COSMO NWP model, for 7km and 2.8km grid mesh, and observations from automatic weather stations of SIMEPAR, in the reservoirs operated by COPEL. A case study for years 2014 and 2015 is described, which were identified as years of strong precipitation events that occurred in the South of Brazil, including an event of flood at União da Vitória city. The NWP model was initiated in 2014 with GME hydrostatic global model and updated on 2015 with boundaries of ICON non hydrostatic model. We also evaluate the impact of such modification on streamflow simulation.

KEYWORDS: Precipitation forecasting, streamflow, COSMO, verification, ROC

1 | INTRODUÇÃO

A operação hidráulica de reservatórios depende da informação de previsão da vazão afluente, que por sua vez depende do acumulado de precipitação previsto e ocorrido a montante dos reservatórios. A expectativa por um dado valor de vazão acarreta várias decisões no planejamento hidroenergético, tanto na geração de energia como no controle de cheias. Em geral, esta expectativa é fornecida por um modelo hidrológico de simulação da vazão afluente, cujas entradas são as precipitações observadas da rede telemétrica, ou previstas com modelos numéricos de previsão do tempo, sendo obtidas no presente estudo com o modelo COSMO. Embora, na situação mais segura, o resultado do modelo numérico de tempo sofra verificação diária, contra os valores observados nas estações hidrometeorológicas, este processo requer uma medida objetiva para determinar o nível de confiança no valor daquela informação para o planejamento hidroenergético. Neste contexto, o trabalho, realizado conjuntamente pelo SIMEPAR e COPEL-GeT, através do PD ANEEL 6491-0333-2013, apresenta uma metodologia para determinar uma curva operacional de avaliação das simulações hidro meteorológicas, com base em dados históricos de vazões ocorridas e previstas, bem como observações e previsões de acumulados de precipitação. O objetivo é auxiliar o planejamento e operação hidráulica na escolha por um cenário de previsão mais adequado nas situações de acumulados de chuva e, conseqüentemente vazões, significativos. A metodologia foi testada em vários eventos de cheia na bacia do Alto Iguaçu, no Paraná, ocorridos entre 2013 a 2016. Em particular, serão apresentados resultados para os anos de 2014 e 2015, com vários eventos com acumulados expressivos de chuva, incluindo um episódio de cheia em União da Vitória, no período de 6 a 8 de junho de 2014, durante o qual houve excesso de chuva e a vazão em

União da Vitória atingiu valores muito acima da média histórica (Camargo Correa et. al., 2014).

2 | MÉTODOS E DADOS

2.1 Previsão Hidrológica

O Sistema de Previsão e Simulação Hidrológica, SISPSHI, do Simepar, compreende um processo semi-distribuído, tendo por base o modelo Sacramento (Burnash, 1995) e adaptações locais, realizadas para resolver a propagação da água através de canais de grandes bacias. Este tipo de abordagem é conhecido por 3R, sigla para a expressão em inglês **R**ainfall **R**unoff e **R**ounting, conforme Guetter (1999). No SIMEPAR, o processo compreende as seguintes tarefas, conforme descrito por Breda (2008):

- a) coleta e controle de qualidade dos dados de chuva;
- b) composição de séries temporais de chuva e cálculo da chuva média nas bacias;
- c) acoplamento com o modelo numérico COSMO de previsão do tempo;
- d) cálculo da chuva prevista na bacia e
- e) simulação hidrológica e a previsão de vazão afluente nos reservatórios.

O sistema de previsão hidrológica é alimentado com dados da rede de estações hidrológicas e meteorológicas localizadas dentro ou próximas à bacia do rio Iguaçu. No total são 27 estações hidrológicas na bacia do Iguaçu, as quais provêm dados de chuva e vazão nos pontos considerados mais representativos da bacia, além de outras 19 estações meteorológicas que complementam a rede pluviométrica da região. Para a área de estudo, que compreende a porção da bacia do rio Iguaçu que contribui para o reservatório da UHE Governador Bento Munhoz da Rocha Neto (Foz do Areia) são empregados 26 postos para monitoramento pluviométrico, 15 para monitoramento limnimétrico sendo 13 de cota de seções de rios e 2 para o nível do reservatório. Os dados de observação correspondem ao período de 2013 a 2016 e foram coletados nos pontos indicados na Figura 1, na qual indica-se as localizações das estações meteorológicas do Simepar e hidrológicas da COPEL.

As vazões são obtidas através da relação cota x vazão (curvas-chave), previamente determinada por estudos e levantamentos de campo dos postos fluviométricos. Especialmente para os postos União da Vitória e Santa Cruz do Timbó, é necessário considerar o efeito do remanso para determinar a vazão. Para o cálculo da chuva média em cada sub-bacia, todos os pluviômetros em um raio de até 50 km dos limites da sub-bacia são utilizados na contabilidade. Os dados, coletados a cada 15 minutos,

são acumulados em volumes horários e a ponderação entre estes registros é feito pelo quadrado da distância entre os postos e o ponto central da sub-bacia.

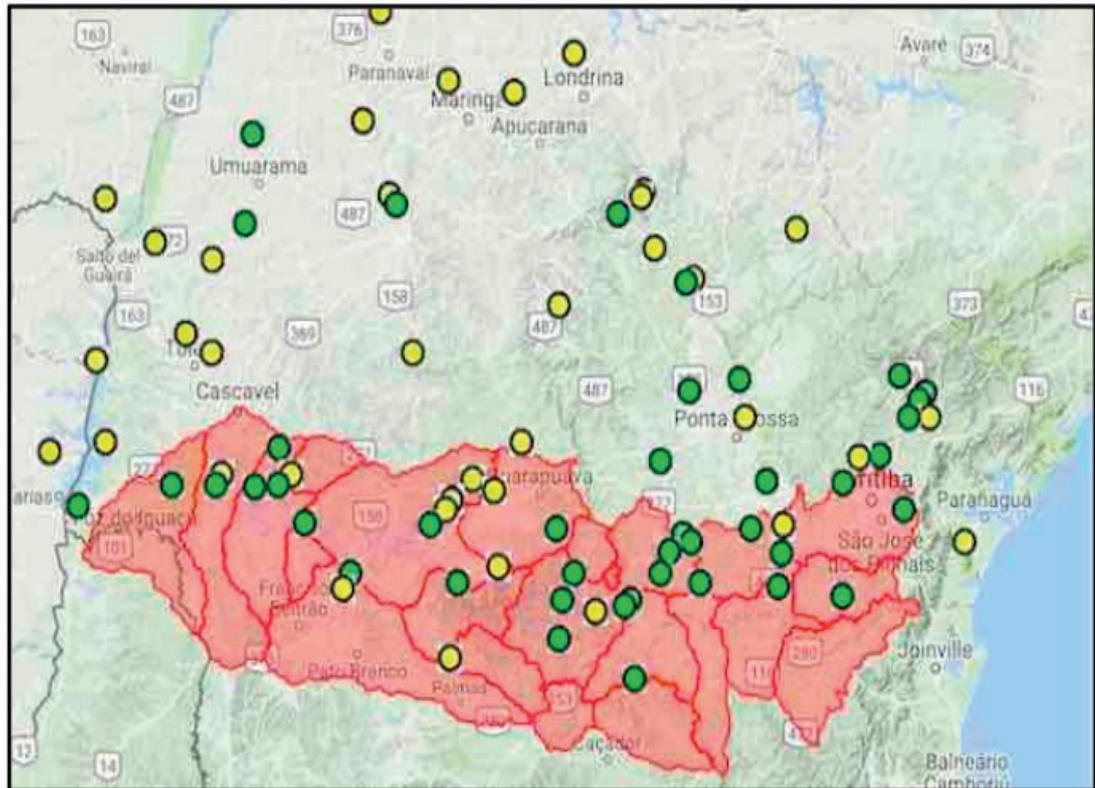


FIGURA 1 – Bacia do rio Iguaçu e localização dos postos de monitoramento automático, incluindo estações meteorológicas automáticas do Simepar e estações hidrológicas da COPEL.

2.2 Previsão Numérica do Tempo

Neste trabalho, o modelo atmosférico não hidrostático COSMO, conforme descrito por Baldauf et. Al. (2011), resultado de um consórcio europeu para modelagem numérica da atmosfera, foi calibrado para simulações com alta resolução espacial em regiões com as sub-bacias em foco. Este modelo permite a simulação de processos atmosféricos com escala temporal de algumas horas a dias e abrangência espacial de metros a centenas de quilômetros, além de ser aplicado tanto para previsão numérica do tempo como simulações climáticas. Em particular, o COSMO foi utilizado com uma grade com espaçamento horizontal 7km sobre o Centro-Sul do Brasil e 2.8km sobre a região Sul do Brasil. Por outro lado, como o COSMO é um modelo de área limitada (regional), necessita de dados nas fronteiras laterais, provenientes de um modelo atmosférico de escala global. Foram então utilizadas fronteiras de dois modelos globais, fornecidos pelo Serviço Meteorológico Alemão (DWD): GME e ICON. O primeiro é um modelo global hidrostático, com espaçamento horizontal de grade médio de 20km e 90 níveis na escala vertical. Embora seja um modelo de grade, o GME foi planejado de modo a resolver o problema de singularidade nos polos, comum em modelos de grade regular latitude-longitude. No GME, as variáveis atmosféricas são resolvidas nos vértices de uma grade icosaédrica-hexagonal, conforme descrito por Majewski et. al. (2002). Por outro lado, no modelo global ICON, sigla para a expressão em

inglês *Icosahedral Non-hydrostatic model*, a grade é similar à do GME, mas o modelo é não-hidrostático. Assim, ao resolver a equação do movimento da atmosfera não-hidrostática, a circulação pode ser simulada com maior resolução do que no caso do GME, com a possibilidade de simular por exemplo, forte fluxo vertical dos ventos em nuvens convectivas (Wan et. al., 2013).

2.3 Processo de verificação e determinação da curva de avaliação da chuva prevista com modelo numérico

A verificação dos prognósticos de chuva e vazão foi realizada através do cálculo de índices de verificação, conforme descritos por Jolliffe e Stephenson (2003). Estes índices incluem o erro absoluto (EABS); viés (V); raiz do erro quadrático médio (RMSE); análise não paramétrica das distribuições previstas, comparadas às distribuições observadas; proporção de eventos classificados corretamente (PC); taxa de acerto (HR) e taxa de falso alarme (FAR).

O EABS é a medida pontual do erro na comparação da previsão de chuva (p) do modelo numérico e o valor observado (o) na estação telemétrica, tal que

$$\text{EABS} = (p_i - o_i) \quad [\text{mm/h}]$$

(1)

O viés V contabiliza a correspondência entre a previsão (p) e observação (o), tal que

$$V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (p_i - o_i) \quad [\text{mm/h}]$$

(2)

RMSE representa o desvio padrão amostral das diferenças entre os valores previstos e observados, sendo computado por

$$\text{RMSE} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - o_i)^2} \quad [\text{mm/h}]$$

(3)

2.3.1 Curva de característica de operação (ROC)

Em adição aos índices estatísticos anteriormente mencionados, uma medida de destreza dos modelos numéricos quanto à previsão do acumulado horário de chuva foi obtida com a determinação da *Curva de Característica de Operação*, termo para a sigla em inglês ROC, de *Relative operating Characteristics*. Conforme descrito por Jolliffe e Stephenson (2003), a curva ROC é uma medida conjunta da **sensibilidade**(S), quando

o modelo previu corretamente um acumulado de chuva observado, produzindo uma *verdade positiva* (VP), e da **especificidade**(E), quando o modelo não previu chuva e de fato não ocorreu, produzindo uma *verdade negativa* (VN), conforme ilustrado na Tabela 1, de contingência dos possíveis resultados para o evento chuva/não chuva.

PREVISTO	OBSERVADO		TOTAL
	SIM	NAO	
SIM	a (VP)	b (FP)	(a + b)
NAO	c (FN)	d (VN)	(c + d)
TOTAL	(a + c)	(b + d)	(a + b + c + d) = n

TABELA 1 – tabela de contingência com os possíveis resultados para um evento chuva/não chuva.

As células na Tabela 1, referem-se à avaliação de cada par (previsão, observação), onde SIM e NÃO referem-se a limiares de acumulados de chuva, por exemplo acumulado diário de chuva acima de 60 mm. Além de VP e VN, já mencionados, existem as possibilidades do falso positivo (FP), quando o modelo previu chuva e o evento não foi observado e o falso negativo (FN), quando o modelo não previu chuva e o evento foi observado. Procede-se então com a determinação da destreza do modelo numérico em prever chuva, computando-se as quantidades a,b,c,d e n da Tabela 1 e, conseqüentemente, S e E. Vale observar que as medidas S e E são independentes entre si, dado que não são calculadas sobre os mesmos eventos, de maneira que

$$S = \frac{VP}{(VP+VN)} = \frac{a}{(a+c)}$$

(4)

$$E = \frac{VN}{(FP+VN)} = \frac{d}{(b+d)}$$

(5)

Uma medida utilizada para sintetizar a acurácia da previsão, dadas as quantidades descritas nas equações (4) e (5) e na Tabela 1, é a taxa de *classificação errônea* (CE), que é a proporção de todos os eventos classificados erroneamente dada por

$$CE = \frac{(FP+FN)}{(VP+FN+FP+VN)}$$

(6)

Por outro lado, a quantidade (1-CE) é chamada proporção de corretos (PC), ou *acurácia*. Então

$$PC = \left(1 - \frac{FP+FN}{VP+FN+FP+VN}\right)$$

(7)

ou

$$PC = \frac{VP+VN}{VP+FN+FP+VN} = \frac{(a+d)}{n}$$

(8)

O uso das quantidades CE e PC pode induzir erros na interpretação dos resultados, dada a contabilização do total em ambas as medidas. Assim, para manter a independência entre eventos verdadeiros e falsos, utilizamos as seguintes taxas

$$\text{Taxa de acerto, HR} = \frac{VP}{(VP+FN)} = \frac{a}{(a+c)}, [0,1]$$

(9)

e

$$\text{Taxa de alarme falso, FAR} = \frac{FP}{(FP+VN)} = \frac{b}{(b+d)}, [0,1]$$

(10)

As quantidades HR e FAR são então duas medidas independentes e formam a base para a determinação da curva ROC, resultante do gráfico dos pares (FAR,HR), cujos pontos representam, no presente experimento, limiares de acumulados diários de chuva. A Figura 2 traz uma interpretação da curva ROC. Um sistema conservador de alta segurança, opera com baixa taxa de alarme falso, embora o acerto seja pouco acima da média. Por outro lado, o desafio por uma taxa de acerto maior, pode levar a um aumento da taxa de alarme falso, mas se permanecer ainda aceitável o sistema é considerado estar em uma condição ideal, ou região de conforto. Entre as duas condições, o sistema encontra-se em balanço, ainda que com menor acerto. Um sistema sem destreza permanecerá sobre a diagonal, identificada por uma linha tracejada na Figura 2. Sistemas com baixa performance ou com performance indesejável manter-se-ão próximo ou abaixo da diagonal.

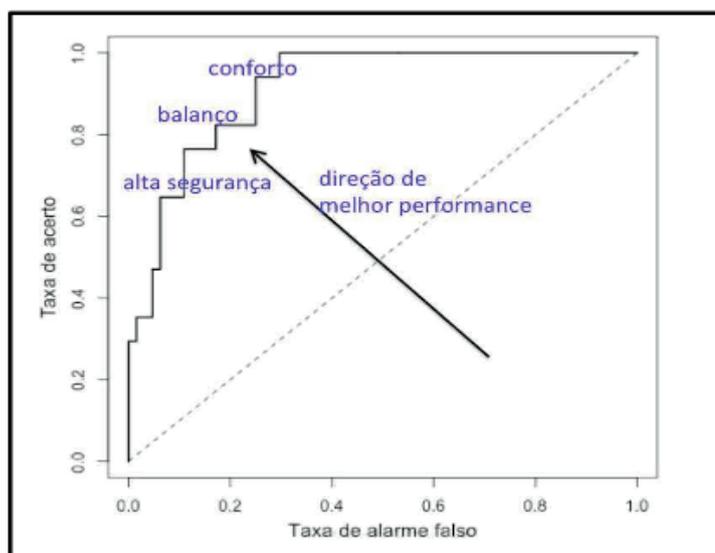


FIGURA 2: interpretação da curva característica de operação, ROC, obtida a partir do gráfico do par (FAR, HR). A reta diagonal tracejada indica um sistema sem destreza.

No trabalho, a curva ROC foi obtida para avaliar a precisão e acurácia do modelo COSMO, para eventos com acumulados diários de chuva: (i) acima de 40mm (L1); acima de 60mm (L2) e acima de 80mm (L3), considerando-se a ocorrência nas estações telemétricas com as observações de chuva.

Em adição, valores de V e RMSE foram calculados para avaliar a previsão vazão afluente aos reservatórios operados pela COPEL no rio Iguaçu, tendo como entrada a chuva prevista com os modelos numéricos. A referência é a vazão afluente calculada com séries temporais dos dados de chuva observados nos postos de coleta, para o período da previsão de chuva.

3 | RESULTADOS

Os resultados restringem-se à verificação da chuva prevista com o modelo numérico COSMO e sua utilização no sistema de previsão de vazão afluente, SISPSHI. O período de avaliação compreende os anos de 2014 e 2015, durante os quais vários eventos de chuva muito forte ocorreram na região Sul do Brasil. Em particular, no mês de junho de 2014, registrou-se uma cheia expressiva no rio Iguaçu, causando vários prejuízos materiais e inundações no município de União da Vitória.

Tais eventos de chuvas intensas, nos anos de 2014 e 2015, estão associados às condições anômalas do evento de El Niño, com expressiva manifestação sobre o Pacífico e indiretamente sobre as regiões Sul e Sudeste do Brasil. O fenômeno atingiu o ápice em 2015, sendo registrado como o mais intenso desde 1997.

Enquanto uma seca expressiva ocorreu nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil, nos anos 2014 e 2015, a região Sul sofreu com vários eventos de chuvas intensas e inundações associadas a cheias de rio. Entre os dias 6 e 8 de junho de 2014, choveu um total de 550 mm, em União da Vitória e Foz do Areia, na bacia do rio Iguaçu, o que

levou à cheia na região, sendo considerada a terceira maior do histórico, com valores de vazão da ordem de 3500m³/s, tendo a altura do rio na régua em União da Vitória, atingido 8,01m (5,37m acima do valor médio histórico).

3.1 Verificação do desempenho do modelo COSMO para previsão de chuva e vazão afluente

O modelo numérico COSMO foi utilizado para previsão da chuva, com duas versões de fronteiras laterais (GME e ICON) e para os domínios anteriormente mencionados, com malha de 7km (Centro Sul do Brasil) e 2.8km (Paraná), respectivamente, 60 níveis na escala vertical e passo de tempo de 60s. Não foi possível obter os dados de fronteira para os dois períodos utilizados neste trabalho, dado que o GME foi descontinuado em 2015 e o ICON ainda não era operacional em 2014. Assim, no ano de 2014 utilizou-se a fronteira do modelo global GME, hidrostático com espaçamento horizontal médio de 20km e no ano de 2015, utilizou-se a fronteira do modelo global ICON, não hidrostático, com espaçamento horizontal de grade médio de 13km. Por outro lado, o sistema SISPSHI foi utilizado para previsão de vazão afluente em dois locais de interesse da COPEL: (i) na usina hidrelétrica Governador Bento Munhoz da Rocha Netto (Foz do Areia) e (ii) na cidade de União da Vitória, como ilustradas na Figura 3.

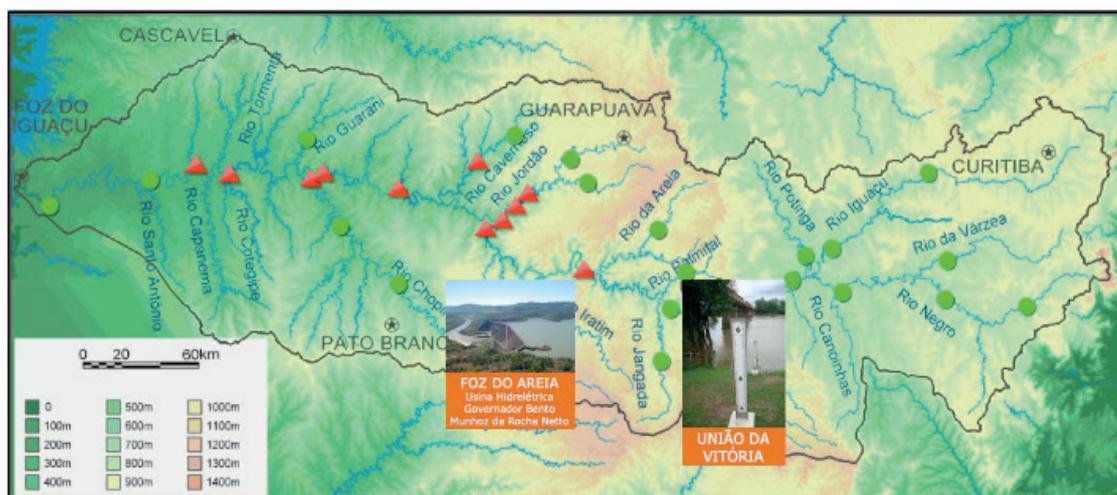


FIGURA 3 – UHE Governador Bento Munhoz da Rocha Netto (Foz do Areia) e posto fluviométrico União da Vitória, na bacia do rio Iguçu, nos quais foram a previsão de chuva e vazão foram verificadas. Fonte: www.copel.com/monitoramento

O SISPSHI foi executado de maneira a produzir a vazão para o horizonte de 120 horas e a previsão foi então verificada contra vazão observada, calculada por um modelo de referência com base nas séries temporais de observação dos acumulados de chuva. Os gráficos na Figura 4 referem-se à comparação por quantil das distribuições não paramétricas das vazões prevista e observada, para o posto em União da Vitória (à esquerda) e em Foz do Areia (à direita), na bacia do Iguçu. Cada

gráfico contém quatro curvas, relativas ao período de 2014 (linha contínua e grossa), 2015 (linha contínua e fina), respectivamente e suas respectivas referências (linha tracejada grossa para 2014 e fina para 2015).

Observa-se do resultado para União da Vitória que a destreza do SISPSHI diminui com o aumento da vazão. Em particular, a concordância com a referência diminuiu a partir de 2000 m³/s. Observa-se ainda um desempenho melhor do sistema para o ano de 2015, quando comparado a 2014. Embora avaliar as causas para tal melhoria não seja objeto deste estudo, especula-se que uma possível causa está relacionada a alteração na previsão de chuva, devido à substituição da fronteira do modelo GME por um modelo mais sofisticado, de maior resolução e não hidrostático, o ICON. Os resultados para Foz do Areia, seguem padrão similar, com a ressalva de um desempenho inferior para o SISPSHI nesta sub-bacia, principalmente devido às características do reservatório, cuja investigação, no momento, também está fora do escopo deste trabalho.

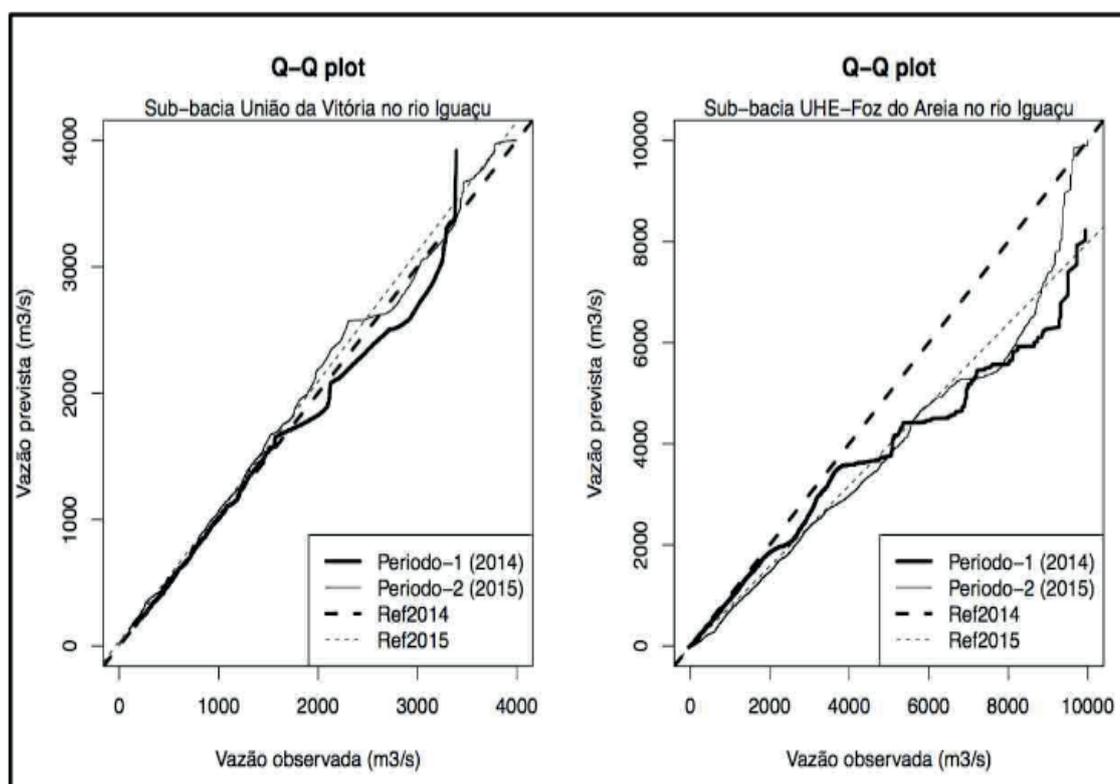


FIGURA 4 – Exame da distribuição dos valores de vazão afluente aos reservatórios em União da Vitória (à esquerda) e em Foz do Areia (à direita), para os períodos de 2014 e 2015, conforme explicação no texto e na legenda dos gráficos.

O SISPSHI foi também verificado quanto à previsão da vazão em períodos de 5 dias, para previsões nos anos de 2014 e 2015, tomando-se como entrada as previsões de chuva do modelo COSMO e o modelo de referência com base nas séries de chuva observada. Os gráficos na Figura 5 referem-se ao viés para os dois locais, em União da Vitória e em Foz do Areia. Enquanto não se objetiva comparar os resultados entre os dois reservatórios, devido às suas particularidades, observa-se que o desempenho

do sistema diminui a partir do segundo dia de previsão. No entanto, tal como no exame anterior, no ano de 2015 o desempenho foi superior a 2014, para ambas as sub bacias, efeito possivelmente devido à melhoria da previsão de chuva, em resposta à alteração na fronteira proveniente do modelo atmosférico global. Contudo, é importante mencionar que os modelos numéricos tiveram um desempenho menor em 2014 devido às características das precipitações no período. O ano ficou marcado por diversos períodos com chuva muito forte, como o período de 6 a 8 de junho de 2014, anteriormente mencionado.

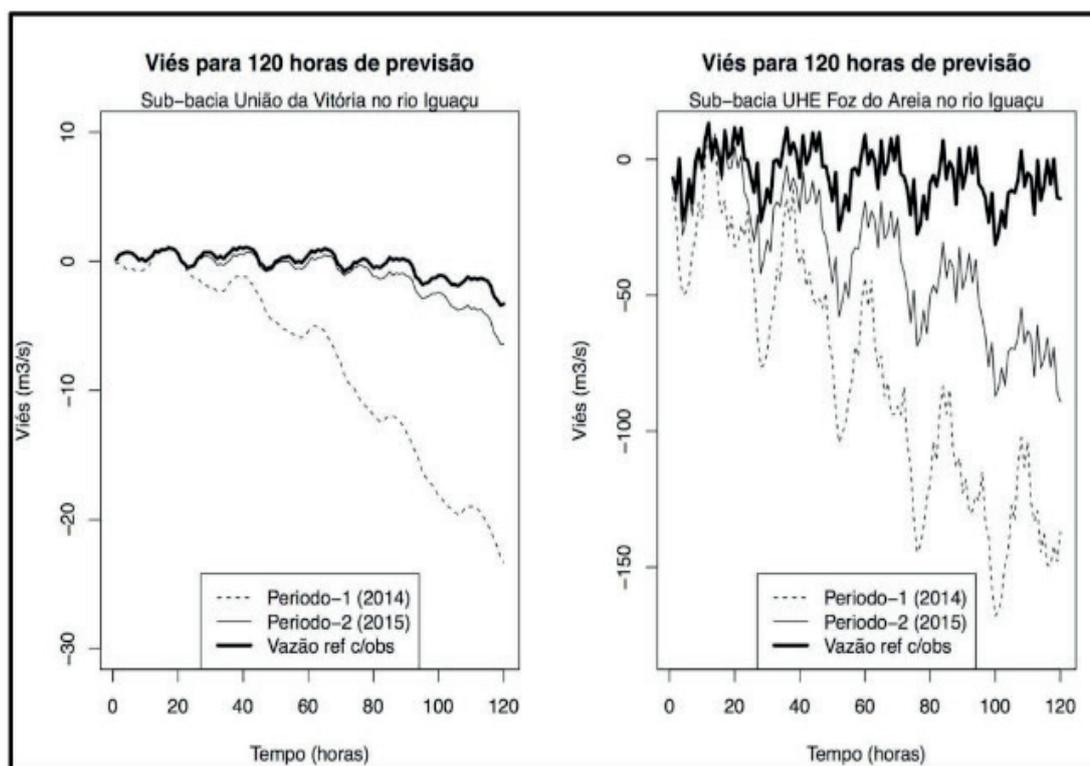


FIGURA 5 – Exame da previsão de vazão para períodos de 120 horas, durante os anos de 2014 e 2015.

3.3.1 Curva operacional do modelo COSMO para previsão de limiares de acumulados de chuva

Curvas ROC foram obtidas para avaliar o desempenho da previsão de chuva realizada com o modelo COSMO, para acumulados diários de chuva acima de 40mm (limiar L1), 60 mm (limiar L2) e 80 mm (limiar L3). Nesta avaliação foram utilizadas previsões referentes ao domínio maior, com malha da grade com 7km de espaçamento horizontal, o qual cobre as regiões Centro Oeste, Sudeste e Sul do Brasil. Os resultados, apresentados na Figura 6, referem-se aos anos de 2014 e 2015, com uso da fronteira do modelo global GME e ICON, respectivamente. Utilizando como referência a ilustração na Figura 2, nota-se que em 2014 (gráficos à esquerda na Figura 6), o modelo é conservador para previsão de chuvas mais intensas (L3), em especial para a região Sul. No entanto, o modelo aproxima-se da condição de conforto

para as três regiões, para acumulados diários de chuva moderados (L1 e L2), exceto para a região Sul, para a qual a previsão para o limiar L1 produziu uma alta taxa de alarme falso. Nos resultados para o ano de 2015, gráficos à direita, as condições são próximas ao ano anterior, mas com substancial melhora para L3, com aumento da taxa de acerto e diminuição da taxa de alarme falso, para as três regiões.

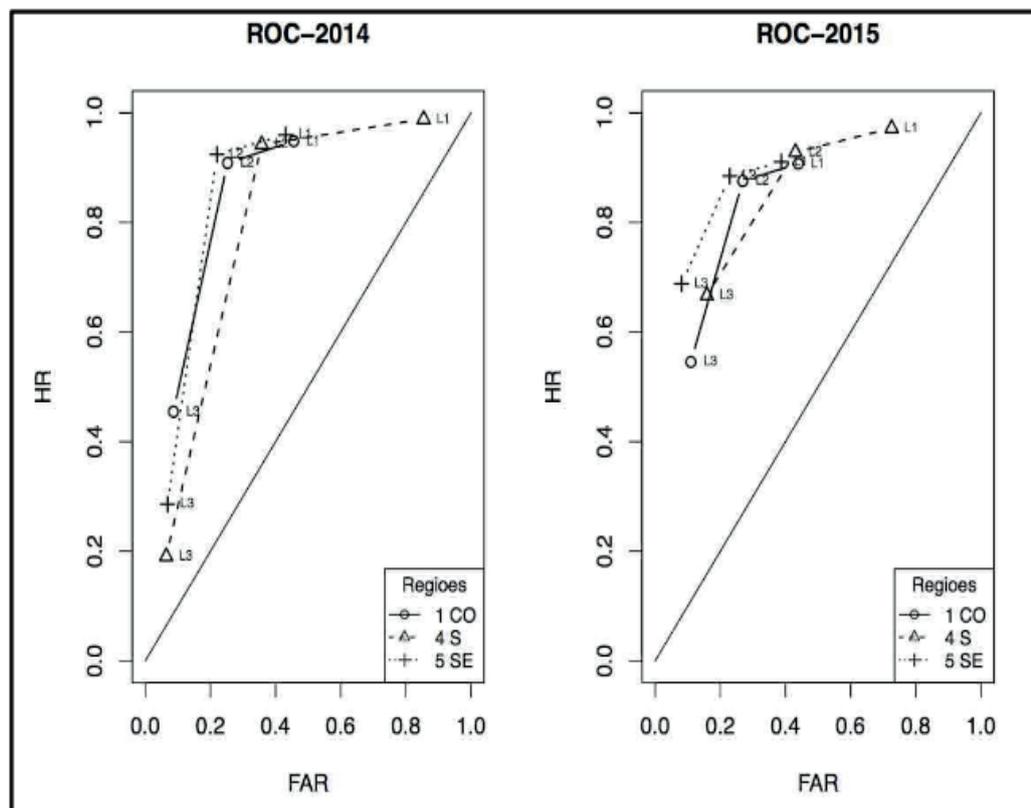


FIGURA 6 – Curvas ROC para três limiares de acumulados diários de chuva: acima de 40mm (L1); acima de 60mm (L2) e acima 80mm (L3), previstos com o modelo COSMO, para as regiões CO, SE e S do Brasil. A reta diagonal ilustra o resultado para um modelo sem destreza.

4 | CONCLUSÃO

O modelo COSMO foi avaliado quanto ao uso das previsões de chuva no sistema de previsão hidrológica para a bacia do rio Iguaçu SISPSHI do Simepar. Índices estatísticos como erro absoluto; viés; raiz quadrada do erro quadrático médio; comparação das distribuições dos quantis observados e previstos e uma avaliação para limiares de chuva forte foram realizados. Resultados para os anos de 2014 e 2015, anos com forte impacto do fenômeno El Niño na região Sul, foram apresentados. O que se observou destes resultados é que o modelo COSMO e consequentemente o SISPSHI tiveram desempenho pior no ano de 2014 do que no ano seguinte, como indica a comparação entre distribuições da vazão no posto fluviométrico em União da Vitória e na UHE Foz do Areia, bem como as análises do viés, sendo as diferenças possivelmente associadas a dois fatores - chuvas mais intensas e mais frequentes foram observadas no ano de 2014 e o modelo COSMO teve um aprimoramento no ano de 2015, com alteração nos dados de fronteira do modelo global GME para o modelo

ICON. Infelizmente, dada a limitação em obter os dados de ambos os modelos globais para os dois períodos, não se pode dissociar tais causas, embora um dos fatores que colaboram para melhoria da previsão regional seja o aprimoramento nas condições de fronteira.

Curvas características de operação, curvas ROC, foram apresentadas para as regiões S, SE e CO do Brasil e para três limiares diários de chuva moderada e forte: acima de 40mm, acima de 60mm e acima de 80mm. A curva sintetiza a avaliação global da acurácia e precisão do modelo numérico. Os resultados indicam que a performance do modelo é inferior para região Sul do Brasil, em relação às demais regiões. Contudo, as curvas estão dentro do esperado para este tipo de operação e são úteis para auxiliar em tomadas de decisão operacional, quando a escolha por determinado processo implica em maximizar o acerto, sem aumentar excessivamente o alarme falso. Em outros termos, implica ainda em tomar a decisão para a escolha de um sistema conservador, o qual inibe o alarme falso, ou por um sistema mais flexível em que se permite o alarme falso, mas aumenta o acerto. Os resultados indicam também que aprimoramentos no modelo têm forte impacto na curva operacional do sistema.

5 | AGRADECIMENTOS

Este trabalho apresenta parte dos resultados do Projeto P&D 6491-0333-2013, executado pelo Simepar junto à COPEL GeT e dentro do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor Elétrico, regulamentado pela ANEEL. Os autores agradecem também ao Serviço Meteorológico Alemão, DWD, por ceder os dados dos modelos globais GME e ICON, bem como por cederem o modelo COSMO, nas versões de pesquisa e avaliação.

REFERÊNCIAS

BALDAUF, M., SEIFERT, A., FÖRSTNER, J., MAJEWSKI, D. AND RASCHENDORFER, M. **Operational Convective-Scale Numerical Weather Prediction with the COSMO Model: Description and Sensitivities**. Monthly Weather Review, Vol 139, PP 3887-3905, 2011.

BREDA, A. **Avaliação de melhorias para um sistema de previsão hidrológica horária**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambientais) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em http://www.ppgerha.ufpr.br/publicacoes/dissertacoes/files/140-Angelo_Breda.pdf, 2008.

BURNASH, R.J.C. **The NWS River Forecast System – Catchment Modeling**. Em: Vijay P. Singh (ed.), Computer models of watershed hydrology. Highlands Ranch, Colo.: Water Resources Publications de 1995.

CAMARGO CORREA, C.M., LEVASSEUR, J., MANTOVANI, L. E. **Relatório Avaliação das áreas atingidas pelas inundações e alagamentos em União da Vitória/PR, em junho de 2014**. CENACID – Centro de Apoio Científico em Desastres da UFPR: União da Vitória/PR. 2014.

GUETTER, A. K. **Sistema de previsão hidrológica para suporte à operação dos reservatórios da**

baçia do Rio Iguaçú. Em: XV Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Foz do Iguaçú-PR, de 1999.

JOLLIFFE, I. T. AND STEPHENSON, D. B. **Forecast Verification: A Practitioner's Guide in Atmospheric Science.** 254pp, Wiley, 2003.

MAJEWSKI, D. ET AL. **The operational global icosahedral-hexagonal gridpoint model GME: description and high-resolution tests.** Monthly Weather Review, Vol 130, PP 319-338, 2002.

WAN, H. ET. AL. **The ICON-1.2 hydrostatic atmospheric dynamical core on triangular grids – Part 1: formulation and performance of the baseline version.** Geosci. Model Dev., 6, 735-763, 2013.

SOBRE OS ORGANIZADORES

João Dallamuta - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre em engenharia elétrica pela UEL. Doutorando em Engenharia Espacial pelo INPE.

Henrique Ajuz Holzmann - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

ÍNDICE REMISSIVO

A

AIS 10, 13
Ajustes de proteção 22, 28, 34, 103
Alocação de Recursos 161
Anarede 48, 49, 52, 54, 60
Anuidades 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20

B

BAR 10, 225
Biodiesel 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47
BRR 10

C

CAIMI 10, 12, 13, 15, 19
Capacidade Instalada 1, 2, 3, 8
Célula combustível 190, 191, 192, 196
Cenário Energético 1
Chave fusível 96, 98, 110, 114
Chaves Automáticas 161, 162, 163, 164, 167, 168, 171
Comunidades isoladas 36, 38
Confiabilidade 20, 22, 24, 27, 49, 50, 53, 60, 84, 90, 121, 130, 136, 139, 145, 161, 162, 163, 165, 166, 167, 171, 172, 174, 192, 243
Continuidade do Fornecimento 108, 163
Conversor Boost 190
Conversores 147, 148, 175, 176, 190, 191, 192, 201, 203, 204, 209, 248, 249, 252, 258, 259, 260
Conversores conectados à rede 147
Custo operacional 15, 96, 102

D

DEC 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 100, 101, 105, 106, 107, 111, 119, 164, 171
Densidade de Corrente 193, 196, 197, 198, 200, 201, 203, 205, 211, 213, 214, 248, 252, 256
Descargas atmosféricas 89, 90, 92, 93, 94
Desgaste de Contatos 128, 131

E

Energia Solar Fotovoltaica 1, 2, 3, 6, 7, 8, 61

F

Filtro LCL 147, 148, 149
Fluxo de Potência 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 148
Frequência 90, 97, 140, 147, 148, 151, 156, 163, 164, 175, 176, 177, 178, 181, 184, 185, 187, 191, 193, 196, 200, 201, 203, 204, 205, 207, 208, 209, 212, 216, 250, 251, 252, 260

G

Geração de energia 3, 36, 38, 43, 45, 46, 263

Geração Distribuída 2, 3, 4, 6, 9, 61, 62, 64, 65, 72, 73, 161, 162, 167, 172

I

Ilhamento de Geração Distribuída 161

Indicadores de Qualidade de Serviço 108, 118

Índices operacionais 89, 94

Interrupções 89, 90, 91, 92, 93, 94, 105, 106, 108, 118, 120, 134, 135, 163

Isolamento 124, 130, 139, 144, 164, 206, 207, 235, 238, 245

M

Manutenção Preditiva 128, 129, 136

Monitoramento de Disjuntor 128

Monitoramento Digital 108

Monitoramento On-line 128, 129

N

NERC PRC-027-1 21, 22

Núcleos Magnéticos 203, 252, 253, 257

O

Otimização por enxame de partículas 147, 148, 152

P

Perdas 48, 49, 50, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 142, 146, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 203, 204, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 249, 250, 251, 252, 254, 255, 256, 257, 258

Perdas Técnicas 48, 49, 50, 52, 53, 55, 57, 58, 60

Proteção de Sistemas Elétricos 21, 22

PSS Sincal 21, 22, 30, 31, 32, 35

Q

Qualidade de Energia 96, 97, 107, 108, 109, 121

R

Religador monofásico 96, 98, 99, 105

Rendimento 142, 143, 145, 176, 184, 186, 187, 190, 192, 193, 199, 200, 201, 248, 249, 252, 259

Resolução Normativa ANEEL N° 482/2012 61

S

Siguard PSA 21, 22, 30, 31, 33

T

Tecnologia PRE 89

Transformador a óleo 139, 141, 145

Transistores de potência 175, 177

V

Vísceras de peixes 36, 43, 46

Volume 43, 57, 141, 188, 191, 193, 196, 199, 202, 203, 204, 207, 210, 211, 213, 214, 215, 216, 228, 250

