

TECNOLOGIAS, MÉTODOS E TEORIAS NA ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2



ERNANE ROSA MARTINS
(ORGANIZADOR)

 **Atena**
Editora

Ano 2020

TECNOLOGIAS, MÉTODOS E TEORIAS NA ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2



**ERNANE ROSA MARTINS
(ORGANIZADOR)**

Atena
Editora

Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
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 – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
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
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
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
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
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 Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
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
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miraniide Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alessandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
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
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFRP
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
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. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatiany Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvío Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Tecnologias, métodos e teorias na engenharia de computação 2

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Maiara Ferreira
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Ernane Rosa Martins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T255	Tecnologias, métodos e teorias na engenharia de computação 2 / Organizador Ernane Rosa Martins. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-945-5 DOI 10.22533/at.ed.455211604 1. Engenharia de Computação. I. Martins, Ernane Rosa (Organizador). II. Título. CDD 621.39
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

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

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

A Engenharia de Computação é a área que estuda as técnicas, métodos e ferramentas matemáticas, físicas e computacionais para o desenvolvimento de circuitos, dispositivos e sistemas. Assim, este segundo volume busca apresentar a matemática e a computação com foco no desenvolvimento de soluções de software e na solução de problemas de Engenharia.

Dentro deste contexto, esta obra apresenta diversos aspectos tecnológicos computacionais, tais como: um software que reúna informações científicas sobre vacinas e doenças imunopreveníveis de forma lúdica; um modelo preditivo com objetivo de identificar a correlação entre o valor predito e o preço de fechamento das ações listadas na bolsa de valores brasileira; ensino de programação para crianças; o algoritmo genético e o método da evolução diferencial; uma modelagem matemática para o cenário de um ciclo de desenvolvimento do Scrum; simulações computacionais; um sistema háptico sonoro para auxiliar a navegação e locomoção de deficientes visuais em ambientes fechados; uma solução ótima de despacho de geração de energia elétrica para 4 usinas térmicas, através de simulação no software MATLAB; uma rede neural perceptron multicamadas para previsão de séries temporais de nível de água de uma bacia hidrográfica; uma rede neural artificial (Multilayer Perceptron) para a classificação de perfis de passageiros no setor aéreo brasileiro; um modelo de aprendizado de máquina que combina diferentes técnicas de regressão; a complexidade na inteligência artificial dos mascotes virtuais.

Sendo assim, esta obra é composta por trabalhos pertinentes da área, que permitem aos leitores, analisar e discutir assuntos importantes. Por fim, agradecemos aos autores pelas significativas contribuições, e desejamos aos nossos leitores uma excelente leitura, repleta de reflexões significativas.

Ernane Rosa Martins

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

VACINA.COM: A SOFTWARE FOR TEACHING AND PROFESSIONAL UPDATING ABOUT VACCINES AND IMMUNO-PREVENTABLE DISEASES

Paôla de Oliveira Souza
José Maria Parente de Oliveira
Letícia Helena Januário
Daniel Moraes dos Reis
Paula Luciana Gonçalves Pereira
André Almeida Gonçalves

DOI 10.22533/at.ed.4552116041

CAPÍTULO 2..... 13

UMA ANÁLISE DE VANTAJOSIDADE EM MODELOS DE PREVISÃO EM SÉRIES TEMPORAIS

Rafael Diniz Toscano de Lima
Sérgio Murilo Maciel Fernandes
Sidney Marlon Lopes de Lima
Ricardo Paranhos Pinheiro
Sthéfano Henrique Mendes Tavares Silva

DOI 10.22533/at.ed.4552116042

CAPÍTULO 3..... 24

SENTECH: UM COMBINADOR DE ANÁLISE TÉCNICA E DE SENTIMENTO PARA O MERCADO DE AÇÕES

Isabela Nunes Caetano
Érica Ferreira de Souza
Giovani Volnei Meinerz

DOI 10.22533/at.ed.4552116043

CAPÍTULO 4..... 34

PROGRAMAÇÃO DE JOGOS COM SCRATCH PARA AUXÍLIO À ALFABETIZAÇÃO DE CRIANÇAS

Rute Vitorino Oliveira
Jemima Vitorino de Oliveira
Luciene Cavalcanti Rodrigues
Ana Paula Garrido de Queiroga

DOI 10.22533/at.ed.4552116044

CAPÍTULO 5..... 46

OTIMIZAÇÃO GEOMÉTRICA DAS PÁS DE UMA TURBINA EÓLICA DE EIXO HORIZONTAL

Rafael Romão da Silva Melo

DOI 10.22533/at.ed.4552116045

CAPÍTULO 6..... 59

OTIMIZAÇÃO DO SPRINT BACKLOG COM O PROBLEMA DA MOCHILA 0/1

Michel Willian Alves
Elisa de Fátima Andrade Soares
Thalia Katiane Sampaio Gurgel
José Weliton de Vasconcelos Filho
Dario José Aloise

DOI 10.22533/at.ed.4552116046

CAPÍTULO 7..... 68

MODELOS EPIDÊMICOS: PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA NO CONTEXTO DA COVID-19

Vinícius R. da Silva
Felipe Y. Hatanaka
Olavo H. Menin

DOI 10.22533/at.ed.4552116047

CAPÍTULO 8..... 78

GUIDE2BLIND: SISTEMA HÁPTICO-SONORO DE ORIENTAÇÃO PARA DEFICIENTES VISUAIS EM AMBIENTES FECHADOS - FASE 2

Lucas Rafael da Silva Martins
Mikael Tolotti da Silva
Bernardo Moreira
Diego Afonso da Silva Lima
Carlos Francisco Soares de Souza
Luis Gustavo Fernandes dos Santos
Carlos Arthur Carvalho Sarmanho Junior

DOI 10.22533/at.ed.4552116048

CAPÍTULO 9..... 96

DESPACHO DE GERAÇÃO ÓTIMA ATRAVÉS DO MÉTODO DOS PONTOS INTERIORES VERSÃO PRIMAL-DUAL

Jean Ferguson Pimentel
João Vitor Gerevini Kasper
Juliana Almansa Malagoli
Thelma Solange Piazza Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.4552116049

CAPÍTULO 10..... 105

COMBINING RAINFALL AND WATER LEVEL DATA FOR MULTISTEP HIGH TEMPORAL RESOLUTION EMPIRICAL HYDROLOGICAL FORECASTING

Cintia Pereira de Freitas
Michael Macedo Diniz
Glauston Roberto Teixeira de Lima
Marcos Gonçalves Quiles
Stephan Stephany
Leonardo Bacelar Lima Santos

DOI 10.22533/at.ed.45521160410

CAPÍTULO 11	118
CLASSIFICAÇÃO DE PASSAGEIROS DOMÉSTICOS DE LINHAS AÉREAS UTILIZANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS DO TIPO MLP	
Sidnei Gouveia Junior	
Narciso Ferreira dos Santos Neto	
Nilton Alves Maia	
DOI 10.22533/at.ed.45521160411	
CAPÍTULO 12	129
APRENDIZADO CONJUNTO APLICADO NA PREDIÇÃO DO MERCADO DE AÇÕES BRASILEIRO	
Alvaro Pedroso Queiroz	
Giovani Volnei Meinerz	
Érica Ferreira de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.45521160412	
CAPÍTULO 13	138
INFORMATIZAÇÃO DE PROCESSOS GERENCIAIS EM UM SETOR DE ASSISTÊNCIA ESTUDANTIL: ESTUDO DE CASO NO IFMG – CAMPUS BAMBUÍ	
Eduardo Cardoso Melo	
Gabriel da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.45521160413	
CAPÍTULO 14	151
A SIMULAÇÃO DE EMOÇÕES EM JOGOS DIGITAIS	
Pedro Henrique Senkiio Cardoso	
DOI 10.22533/at.ed.45521160414	
SOBRE O ORGANIZADOR	158
ÍNDICE REMISSIVO	159

DESPACHO DE GERAÇÃO ÓTIMA ATRAVÉS DO MÉTODO DOS PONTOS INTERIORES VERSÃO PRIMAL-DUAL

Data de aceite: 01/04/2021

Jean Ferguson Pimentel

Universidade Federal do Paraná, Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Curitiba – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/3417083536054492>

João Vitor Gerevini Kasper

Universidade Federal do Paraná, Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Curitiba – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/1192062840173129>

Juliana Almansa Malagoli

Universidade Federal do Paraná, Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Curitiba – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6153426592290224>

Thelma Solange Piazza Fernandes

Universidade Federal do Paraná, Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Curitiba – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/5939715471342143>

RESUMO: O conhecimento da técnica de otimização através do Método dos Pontos Interiores versão Primal-Dual é de grande importância para solucionar problemas aplicados ao sistema elétrico de potência. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo apresentar uma solução ótima de despacho de geração de energia elétrica para 4 usinas térmicas, através de simulação no software MATLAB. Além disso,

o intuito é minimizar o custo de produção, minimizar as perdas e considerar em dado momento a alteração de limite de geração em um das unidades geradoras. Os resultados mostram as análises do despacho de geração, ademais, configura-se como um interessante tema de pesquisa, já que está relacionado ao sistema elétrico de potência com redução de custos e perdas em usinas térmicas.

PALAVRAS - CHAVE: Método Numéricos, Método dos Pontos Interiores, Otimização, Sistemas Elétricos de Potência.

DISPATCH IN OPTIMUM GENERATION THROUGH OF INTERIOR POINTS METHOD PRIMAL-DUAL VERSION

ABSTRACT: The knowledge of the optimization technique through the Interior Point Method Primal-Dual version is of great importance to solve problems applied to the electric power system. In this context, the present paper aims to present an optimal solution for dispatching electricity generation for 4 plants thermal, through simulation in MATLAB software. In addition, the aim is to minimize the cost of production, minimize losses and at any given time consider changing the generation limit at one of the generating units. The results show the analysis of the generation dispatch, in addition, it is configured as an interesting research topic, since it is related to the electric power system with cost reduction and losses in thermal plants.

KEYWORDS: Numerical Method, Interior Point Method, Optimization, Electric Power Systems.

1 | INTRODUÇÃO

A energia elétrica proporciona segurança, conforto, informação e lazer para uma sociedade. Sendo então, um extraordinário indicador de desenvolvimento social e humano que nos dias atuais já faz parte da realidade da maioria das casas brasileiras. Dessa forma, a usina térmica é exclusivamente de um sistema que corresponde as somas das energias cinéticas, pelo efeito de sua temperatura (Souza, 2019), (Liu *et al.*, 2019).

O planejamento de operações do sistema elétrico de potência é um conjunto de procedimentos que usa métodos numéricos para a representação dos sistemas. Neste cenário, avalia-se os comportamentos e as alternativas para garantir o fornecimento de energia. Além disso, analisa-se os custos de operação e a solução mais econômica. Portanto, destaca-se por uma operação ótima do sistema (Rodrigues, 2007).

Dessa maneira, busca-se por aplicações de técnicas que proporcione a ótima solução para geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Ademais, visa sempre a melhor relação custo/benefício. Sendo assim, o uso do método dos Pontos Interiores versão Primal-Dual auxilia na busca de um despacho ótimo de geração e a redução de perdas (Probst e Oliveira, 2013). Assim, evita os desperdícios e proporciona a redução de custos.

Nesse contexto, evidencia-se a relevância cada vez maior da prestação de serviços ancilares aos sistemas de energia. A partir deles, garante-se não apenas o atendimento apropriado da demanda da carga por meio da geração e transmissão de energia, como também a estabilidade e segurança da rede (Oliveira *et al.*, 2003), (Yamagutti, 2019) e (Souza, 2019).

O presente trabalho tem por objetivo minimizar o custo de produção de energia elétrica através da otimização da distribuição da produção entre os geradores e da utilização eficiente dos recursos energéticos. Portanto, realiza-se o despacho econômico, que é o estudo da alocação ótima de uma demanda entre unidades geradoras de usinas térmicas.

Este artigo, organiza-se em 5 seções, as quais seguem os seguintes tópicos: a seção 2 apresenta o método de pontos interiores versão primal-dual, a seção 3 explana sobre a metodologia adotada, a seção 4 é designada aos resultados e discussões e por fim, a seção 5 descreve as considerações finais.

2 | TÉCNICA DE OTIMIZAÇÃO DE PONTOS INTERIORES VERSÃO PRIMAL-DUAL

O método de pontos interiores primal-dual é desenvolvido através do método de Newton, às condições de otimalidade desconsiderando-se as restrições de não-negatividade e incluindo uma perturbação nas condições de complementaridade. O método parte de um ponto estritamente positivo e não permite que as variáveis se tornem negativas (Oliveira *et al.*, 2003), (Probst e Oliveira, 2013).

Neste trabalho, pretende-se desenvolver um programa computacional que minimize o custo de geração e as perdas elétricas através da Técnica de Otimização de Pontos Interiores versão Primal-Dual. Tendo como objetivo atender uma carga demandada de 400 MW, através de quatro usinas térmicas geradoras que tem seus custos e capacidade de geração apresentadas na Tabela 1.

Produtor	Custo [\$/h]	Capacidade [MW]
1	$C_1(Pg_1) = 140 + 80Pg_2 + 9.10^{-3} Pg_2^2$	$0 \leq Pg_1 \leq 400$
2	$C_2(Pg_2) = 100 + 90 Pg_3 + 8.10^{-3} Pg_3^2$	$10 \leq Pg_2 \leq 400$
3	$C_3(Pg_3) = 90 + 70 Pg_3 + 8.10^{-3} Pg_3^2$	$0 \leq Pg_3 \leq 400$
4	$C_4(Pg_4) = 100 + 80 Pg_4 + 0.10^{-3}.Pg_4$	$0 \leq Pg_4 \leq 300$

Tabela 1: Custos de geração e capacidades de geração.

Onde: Pg é a potência gerada de cada usina (MW); C é o custo de geração por unidade de energia elétrica. A perda de potência ativa é expressa pela Equação (1).

$$Pl(\mathbf{Pg}) = \text{diag}(Pg) \cdot \mathbf{Bloss} \cdot \mathbf{Pg} \quad (1)$$

Sendo, que Pl é perda de potência ativa nas linhas; \mathbf{Bloss} é uma matriz ($ng \times ng$) que relaciona as perdas por barra de geração:

$$\mathbf{Bloss} = \begin{bmatrix} 2 \times 10^{-4} & 1 \times 10^{-4} & 0 & 1 \times 10^{-4} \\ 1 \times 10^{-4} & 2 \times 10^{-4} & 1 \times 10^{-4} & 1 \times 10^{-4} \\ 0 & 1 \times 10^{-4} & 2 \times 10^{-4} & 1 \times 10^{-4} \\ 0 & 1 \times 10^{-4} & 2 \times 10^{-4} & 3 \times 10^{-4} \end{bmatrix}$$

O objetivo do problema é obter os valores de Pg_1 , Pg_2 , Pg_3 e Pg_4 que atenda a carga demandada de 400 MW para as seguintes condições:

(i) Função objetivo que minimiza custo de produção:

$$\text{Min } C(\mathbf{Pg}) = \mathbf{Pg}' \mathbf{QPg} + \mathbf{b}' \mathbf{Pg} + co \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{ng} Pg_i - Pd - Pl(\mathbf{Pg}) = 0 \quad (3)$$

$$Pg \text{ min} \leq Pg \leq Pg \text{ max} \quad (4)$$

Em que:

(2) Define o valor dos custos de geração de potência ativa de cada unidade;

(3) Define a potência gerada pelas usinas deve ser capaz de atender a carga e as perdas;

(4) Define as equações de restrições operativas que cada máquina deve obedecer.

(ii) Função objetivo que minimiza as perdas elétricas:

$$C(Pg) = \mathbf{u}^t Pg$$

$$\sum_{i=1}^{ng} Pg_i - Pd - Pl(\mathbf{Pg}) = 0 \quad (6)$$

$$Pg_{\min} \leq Pg \leq Pg_{\max} \quad (7)$$

Em que:

(5) Define a nova função objetivo do problema que será a somada das potências geradas;

(6) Define que a potência gerada pelas usinas deve ser capaz de atender a carga e as perdas;

(7) Define as equações de restrições operativas que cada máquina deve obedecer.

Além disso, destaca-se a definição de outros parâmetros: \mathbf{Q} é a matriz diagonal com coeficientes quadráticos de custo; \mathbf{b} é o vetor de coeficientes lineares de custo; co é a constante de custo; Pd é o vetor de cargas nas nb barras; \mathbf{u} é o vetor unitário.

Após encontrar os valores de Pg_1 , Pg_2 , Pg_3 e Pg_4 para as condições, supõe-se uma alteração na capacidade máxima de geração da usina 3 para um valor de 100 MW e encontra-se novamente os valores Pg_1 , Pg_2 , Pg_3 e Pg_4 nessas condições, através das funções objetivo (i) e (ii).

3 I METODOLOGIA

Para obter a solução ótima do problema, faz-se necessário a montagem da Função Lagrangeana do problema de otimização, onde são consideradas as Equações de custo de cada usina conforme Equação (8).

$$L(\mathbf{Pg}, \lambda, \pi) = \mathbf{Pg}' \mathbf{Q} \mathbf{Pg} + \mathbf{b}' \mathbf{Pg} + co - \mu \sum_{i=1}^{ng} [\ln(\mathbf{smin}_i) + \ln(\mathbf{smax}_i)] + \lambda \cdot [Pd - \sum_{i=1}^{ng} (Pg_i)] + \pi \mathbf{max}' \cdot (\mathbf{Pg} - \mathbf{Pgmax} + \mathbf{smax}) + \pi \mathbf{min}' \cdot (-\mathbf{Pg} + \mathbf{Pgmin} + \mathbf{smin}) \quad (8)$$

As variáveis **Pg**, **smin** e **smax** são as variáveis primal do problema e as variáveis λ , **mmax** e **mmin** são as duais. Tendo a função Lagrangeana do problema, aplicou-se as condições de otimalidade de Karush-Kuhn-Tuck que consiste na primeira derivada:

$$\nabla_{\mathbf{Pg}} L = 2 \cdot \mathbf{Q} \mathbf{Pg} + \mathbf{b} - \lambda \cdot [\mathbf{e}] - \boldsymbol{\pi}_{min} + \boldsymbol{\pi}_{max} = 0 \quad (9)$$

$$\nabla_{\lambda} L = \mathbf{Pd} - \sum_{i=1}^{ng} (Pgi) = 0 \quad (10)$$

$$\nabla_{\boldsymbol{\pi}_{max}} L = \mathbf{Pg} - \mathbf{Pg}_{max} + \mathbf{s}_{max} = 0 \quad (11)$$

$$\nabla_{\boldsymbol{\pi}_{min}} L = -\mathbf{Pg} + \mathbf{Pg}_{min} + \mathbf{s}_{min} = 0 \quad (12)$$

$$\nabla_{\mathbf{s}_{max}} L = -\boldsymbol{\mu} \cdot \mathbf{e} + \mathbf{s}_{max} \cdot \boldsymbol{\pi}_{max} = 0 \quad (13)$$

$$\nabla_{\mathbf{s}_{min}} L = -\boldsymbol{\mu} \cdot \mathbf{e} + \mathbf{s}_{min} \cdot \boldsymbol{\pi}_{min} = 0 \quad (14)$$

Após isso, aplicou-se o método de Newton, supondo uma função $f(z)$, que deseja encontrar o ótimo da função partindo de um ponto inicial \mathbf{Z}^K , em direção de $\Delta \mathbf{Z}$. Assim,

$$\Delta \mathbf{Z}^K = - \left[W(\mathbf{Z}^K) \right]^{-1} * f(\mathbf{Z}^K) \quad (15)$$

Sendo, que a cada iteração $k=k+1$ atualiza \mathbf{Z}^k conforme Equação (16).

$$\mathbf{Z}^{K+1} = \mathbf{Z}^K + \Delta \mathbf{Z}^K \quad (16)$$

Onde: W é a matriz Hessiana, com a seguinte estrutura:

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} 2\mathbf{Q} & -\mathbf{e} & \text{diag}(\mathbf{e}) & -\text{diag}(\mathbf{e}) & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ [-\mathbf{e}]^t & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \text{diag}(\mathbf{e}) & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \text{diag}(\mathbf{e}) & \mathbf{0} \\ -\text{diag}(\mathbf{e}) & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \text{diag}(\mathbf{e}) \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{Smax} & \mathbf{0} & \boldsymbol{\Pi} \max & \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{Smin} & & \boldsymbol{\Pi} \min \end{bmatrix}$$

Com isso, a cada iteração o sistema de equações a serem resolvidos é:

$$\mathbf{W} \cdot \begin{bmatrix} \Delta \mathbf{Pg} \\ \Delta \lambda \\ \Delta \pi_{\max} \\ \Delta \pi_{\min} \\ \Delta s_{\max} \\ \Delta s_{\min} \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \Delta_{p_g} L \\ \Delta \lambda L \\ \Delta_{\pi_{\max}} L \\ \Delta_{\pi_{\min}} L \\ \Delta_{s_{\max}} L \\ \Delta_{s_{\min}} L \end{bmatrix}$$

A cada iteração, o sistema linear é resolvido, sendo a próxima etapa a determinação do comprimento do passo nos espaços primal e dual. De modo que, as variáveis de folga ***smin***, ***smax*** sejam todas ≥ 0 e os multiplicadores de Lagrange sejam: ***πmin*** ≥ 0 , ***πmax*** ≥ 0 . Após cada iteração, deve-se recalcular o parâmetro barreira μ , conforme Equação (17).

$$\mu = \frac{\mathbf{s}^t \boldsymbol{\pi}}{2 \cdot \mathbf{J} \cdot \beta} \quad (17)$$

Resumidamente, o algoritmo para resolução do problema consiste em:

1. Escolha μ_0 , valores iniciais para variáveis primais e duais. Faça $k = 0$;
2. Calcule o valor das condições de otimalidade (cálculo de $\nabla z L$);
3. Se (norma infinita de $\nabla_z L$) $< tol = 10^{-6}$, FIM, a solução é \mathbf{Z}^k .
4. Caso contrário, faça $k = k + 1$ e vá ao Passo 4;
5. Resolução do Sistema Linear: $\mathbf{W}^k \cdot \Delta \mathbf{Z}^k = \nabla_z L$;
6. Atualize todas as variáveis.
7. Atualize o parâmetro barreira μ e retorne para o passo 2.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O método proposto foi implementado no *software* computacional (MATLAB) visando testar as contingências e as alterações no problema de otimização proposto. Visando obter o resultado ótimo para o despacho de geração das 4 usinas térmicas, nos quais os custos e as perdas serão minimizados através do método dos Pontos Interiores versão Primal-Dual.

Além disso, destacam-se os estudos desenvolvidos neste trabalho:

- Caso I: a função objetivo é minimizar o custo de geração, o despacho atende uma carga de 400 MW, as perdas e os limites operativos são apresentados na

Tabela I;

- Caso II: o limite máximo da máquina 3 foi alterado de 400 MW para 100 MW, usando a mesma função objetivo anterior;
- Caso III: a função objetivo é minimizar as perdas, o despacho atende uma carga de 400 MW, as perdas e os limites operativos são apresentados na Tabela I;
- Caso IV, o limite máximo da máquina 3 foi alterado de 400 MW para 100 MW, usando a mesma função objetivo anterior.

Os valores de despacho encontrados bem como os valores de custos e das perdas para o caso I e II são apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Usina	Geração
<i>Pg₁</i>	104,391 MW
<i>Pg₂</i>	10 MW
<i>Pg₃</i>	307,549 MW
<i>Pg₄</i>	0 MW
Custo de operação	126.971,337 \$MW/h
Perdas	21,940 MW
Fator de aceleração	1,15

Tabela 2 – Custo de operação minimizado para o Caso I.

Usina	Geração
<i>Pg₁</i>	203,709 MW
<i>Pg₂</i>	10,017 MW
<i>Pg₃</i>	202,891 MW
<i>Pg₄</i>	0,816 MW
Perdas	17,435 MW
Fator de aceleração	1,15

Tabela 3 – Perdas minimizada para o Caso II.

A alteração do limite máximo da máquina 3, provocou uma redistribuição de potência ativa entre as unidades geradoras. Com isso, o custo aumentou em relação ao caso anterior, já as perdas sofreram uma queda significativa de valor, em torno de 2 MW.

As Tabelas 4 e 5 apresentam os resultados encontrados para os casos III e IV, mas sem o custo, visto que a função objetivo usada para esses casos é a minimização das perdas.

Usina	Geração
Pg_1	206,535 MW
Pg_2	10 MW
Pg_3	100 MW
Pg_4	103,264 MW
Custo de operação	133.024,906 \$MW/h
Perdas	19,800 MW
Fator de aceleração	1,15

Tabela 4 – Custo de operação minimizado para o Caso III.

Usina	Geração
Pg_1	209,5493 MW
Pg_2	73,080 MW
Pg_3	99,965 MW
Pg_4	36,573 MW
Perdas	19,171 MW
Fator de aceleração	1,1

Tabela 5 – Perdas minimizada para o Caso IV.

A alteração da função objetivo para os casos III e IV em ambos os casos, tornou-se as perdas para as duas últimas contingências menores, quando comparadas aos casos I e II. No caso I em relação ao custo do caso III, teve uma redução de aproximadamente 22% nas perdas e na comparação com o caso IV essa redução foi de aproximadamente 4%. Nota-se, que a alteração do limite máximo de geração da máquina 3 prejudicou o valor da função objetivo.

5 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos na área de Sistemas Elétricos de Potência (SEP) estão inteiramente condicionados a restrições operativas, apenas o cálculo do estado da rede, obtido através da solução de fluxo de carga, muitas vezes não é suficiente para encontrar um ponto operativo que atenda todas as restrições do problema. Com isso, problemas de otimização mais complexos tem sido elaborados buscando modelar os fenômenos existentes no SEP de forma mais coerente.

A aplicação do método dos Pontos Interiores na versão Primal-Dual tem importância significativa no Sistema Elétrico de Potência. Neste trabalho, foi possível notar essa relevância uma vez que as alterações apresentadas para o problema, mostraram-se de

forma objetiva e direta os impactos nos custos de produção e nas perdas do sistema. Além disso, através da aplicação do método com o auxílio de um *software*, nota-se que a usina 4 tem um custo maior de produção. Porém, tem uma perda menor, já a usina 3 tem um custo de operação menor, fatos que só foram comprovados após a aplicação do método.

REFERÊNCIAS

Liu, W. J.; Chi, M.; Liu, Z. W.; Guan, Z. H.; Chen, J.; Xiao, J. W. (2019). "***Distributed optimal active power dispatch with energy storage units and power flow limits in smart grids***", International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Volume 105, 2019, Pages 420-428, <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2018.07.060>.

Oliveira, A. R. L.; Soares, S.; and Nepomuceno, L. (2003). "***Optimal active power dispatch combining network flow and interior point approaches***", in IEEE Transactions on Power Systems, vol. 18, no. 4, pp. 1235-1240, Nov. 2003, doi: 10.1109/TPWRS.2003.814851.

Probst, R. W.; Oliveira, A. R. L. (2013). "***Métodos de pontos interiores aplicados ao problema de pré-despacho de um sistema hidrotérmico***", Revista eletrônica pesquisa operacional para o desenvolvimento, V. 5, n.1, p. 14-30, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

Rodrigues, N. M. (2007). "***Um algoritmo cultural para problemas de despacho de energia elétrica***," Dissertação de Mestrado, Dept. Computação. Ciência da Comp., Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, Brasil.

Souza, V. M. (2019). "***Pré-Despacho Ótimo da Geração Distribuída para Melhoria da Operação de Redes de Distribuição com Presença de Reguladores de Tensão no Modo Bidirecional***", Dissertação de Mestrado, Dept. Eng. Elet. Eng. Elétrica, Universidade Federal do Pará, Belém-PA, Brasil.

Yamagutti, L. C. (2019). "***Despacho ótimo de geração e controle de potência reativa no sistema elétrico de potência***", Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira-SP, Brasil.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alfabetização 6, 34, 35, 36, 37, 38, 44, 45

Algoritmo Genético 5, 18, 46, 47, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 57

Algoritmos 17, 19, 70, 130, 132, 151

Android 4, 79, 82, 87, 88, 89, 94

Aprendizado do computador 129

Aprendizagem 34, 35, 36, 38, 45, 69, 76, 124, 127

C

Classificação 5, 8, 18, 24, 118, 120, 125, 126, 127

Computador 24, 80, 129

Correlação 5, 24, 25, 30, 31, 32, 80

D

Dados 2, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 34, 46, 47, 51, 53, 56, 63, 71, 80, 81, 83, 87, 88, 91, 92, 93, 94, 105, 106, 118, 119, 120, 121, 122, 125, 127, 129, 130, 131, 132, 133, 136, 138, 140, 141, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 158

E

Educação 1, 35, 36, 37, 45, 68, 81, 105, 158

Evolução Diferencial 5, 46, 47, 50, 52, 54, 55, 56, 57

F

Framework 1, 2, 5, 59, 60, 61, 76, 92, 143

G

Gamificação 36, 38

H

Hardware 19, 20

I

Inteligência Artificial 5, 24, 151

J

Jogo 34, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 154

L

Linguagem de programação 35, 36, 89, 91, 131

M

Machine Learning 21, 25, 107, 108, 116, 129, 130, 132, 134, 137

Método dos Pontos Interiores 7, 96

Método Numéricos 96

Modelagem 5, 13, 15, 16, 18, 20, 21, 26, 27, 29, 30, 57, 59, 66, 68, 69, 76, 94, 118

Modelo 5, 16, 17, 18, 19, 20, 24, 25, 26, 27, 30, 31, 32, 33, 46, 47, 48, 57, 59, 60, 63, 64, 66, 70, 71, 72, 73, 75, 94, 120, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 136, 143, 148, 152, 153, 154, 156

Modelos Compartimentais 68, 69

N

Network 23, 33, 68, 76, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 115, 116, 117, 118, 128

O

Otimização 6, 7, 18, 19, 46, 47, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 57, 59, 64, 96, 97, 98, 99, 101, 103, 140

P

Perceptron 5, 105, 107, 110, 118, 120, 127, 128

Previsão 5, 6, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 33, 105, 106, 119, 129, 130, 131, 133, 134, 135, 136

Primal-Dual 7, 96, 97, 98, 101, 103

Programação 5, 6, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 63, 84, 89, 91, 119, 123, 131, 158

R

Rede Neural Artificial 5, 106, 118, 120, 123, 124

Redes Randômicas 68, 72

Regressão Linear 16, 20, 130

S

Scratch 6, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45

Scrum 5, 59, 60, 61, 66, 67, 138, 141

Simulações Computacionais 5, 68, 70, 76

Sistemas Elétricos de Potência 96, 103

Softwares 38, 60, 63, 139, 148

Sprint 7, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 143, 144

Substituição Sensorial 79, 80, 81, 82, 83, 84, 95

T

Tecnologia 35, 59, 62, 68, 79, 80, 82, 95, 105, 127, 139, 141, 144, 149, 150, 158

Tecnologias Assistivas 80, 81

Twitter 21, 24, 25, 26, 27, 33

TECNOLOGIAS, MÉTODOS E TEORIAS NA ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2020

TECNOLOGIAS, MÉTODOS E TEORIAS NA ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2020