

# 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**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Prof<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Prof<sup>a</sup> Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> 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](http://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**

<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>118</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45521160411</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>129</b>
APRENDIZADO CONJUNTO APLICADO NA PREDIÇÃO DO MERCADO DE AÇÕES BRASILEIRO	
Alvaro Pedroso Queiroz	
Giovani Volnei Meinerz	
Érica Ferreira de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45521160412</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>138</b>
INFORMATIZAÇÃO DE PROCESSOS GERENCIAIS EM UM SETOR DE ASSISTÊNCIA ESTUDANTIL: ESTUDO DE CASO NO IFMG – CAMPUS BAMBUÍ	
Eduardo Cardoso Melo	
Gabriel da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45521160413</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>151</b>
A SIMULAÇÃO DE EMOÇÕES EM JOGOS DIGITAIS	
Pedro Henrique Senkiio Cardoso	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45521160414</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>158</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>159</b>

## UMA ANÁLISE DE VANTAJOSIDADE EM MODELOS DE PREVISÃO EM SÉRIES TEMPORAIS

Data de aceite: 01/04/2021

### Rafael Diniz Toscano de Lima

Universidade de Pernambuco, Escola  
Politécnica - POLI  
Recife - Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/7679503812101994>

### Sérgio Murilo Maciel Fernandes

Universidade de Pernambuco, Escola  
Politécnica - POLI  
Recife - Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/4520293519781462>

### Sidney Marlon Lopes de Lima

Universidade Federal de Pernambuco,  
Departamento de Eletrônica e Sistemas  
Recife - Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/0323190806293435>

### Ricardo Paranhos Pinheiro

Universidade de Pernambuco, Escola  
Politécnica - POLI  
Recife - Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/9889280450483185>

### Sthéfano Henrique Mendes Tavares Silva

Universidade de Pernambuco, Escola  
Politécnica - POLI  
Recife - Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/8682401562704469>

**RESUMO:** A modelagem e previsão em séries temporais nem sempre é um processo direto. Existem inúmeras técnicas para construir modelos que podem modelar, estimar e prever momentos

futuros. Posteriormente, esses modelos podem ajudar a tomar decisões calculadas que, por sua vez, podem mitigar os riscos e maximizar os retornos. Além disso, a construção de modelos de previsão confiáveis e robustos é essencial para prever o comportamento dos dados, como por exemplo, movimentos do mercado financeiro, geração de energia e precipitação de chuvas. Dessa forma, o presente artigo tem por objetivo a análise das vantagens e desvantagens dos modelos mais utilizados na literatura, suportando pesquisas futuras no tema.

**PALAVRAS - CHAVE:** Séries temporais, previsão, modelos, forecasting.

**ABSTRACT:** Modeling and forecasting time series is not always a straightforward process. There are numerous techniques for building models that can model, estimate, and predict future moments. Subsequently, these models can help you make calculated decisions that, in turn, can mitigate risks and maximize returns. In addition, the construction of reliable and robust forecasting models is essential to predict the behavior of the data, such as financial market movements, power generation, and rainfall. Thus, this article aims to analyze the advantages and disadvantages of the most used models in the literature, supporting future research on the topic.

**KEYWORDS:** Time series, prediction, models, forecasting.

## INTRODUÇÃO

Uma série temporal é um conjunto de observações ordenadas que apresentam

dependência entre instantes de tempo. Os métodos para predição de séries temporais são baseados essencialmente na ideia de que dados históricos apresentam padrões intrínsecos, que geralmente são de difícil identificação.

Uma vez que os padrões são descritos e interpretados, estes podem auxiliar na previsão de valores futuros de fenômenos investigados. Essa descrição constitui um dos principais objetivos do processamento de séries temporais, pois visa responder em que circunstâncias os padrões encontrados irão se repetir e quais os principais tipos de variação que os mesmos poderão sofrer no decorrer do tempo .

De acordo com o intervalo de tempo em que os dados são adquiridos, as séries temporais podem ser categorizadas em contínua e discreta. As contínuas são aquelas onde as observações dos dados são realizadas de maneira contínua sobre um intervalo de tempo específico. Já as discretas, ocorrem quando as observações dos dados são convertidas em intervalos fixos de tempo e geralmente são espaçadas igualmente . Os principais elementos das séries temporais são:

- **Tendência:** A tendência pode ser definida como o movimento regular desenvolvido ao longo da série. Esse elemento é referente ao comportamento durante toda a duração, podendo ser crescente ou decrescente, além de assumir variação de padrões de crescimento: linear, exponencial, amortecido ;
- **Sazonalidade:** É referente a repetição de um determinado comportamento durante diferentes períodos de tempo dentro da série temporal. As variações sazonais podem ser observadas pela oscilação ao longo do tempo da tendência segundo um determinado fator ;
- **Resíduo:** São representados por movimentos aleatórios causados por fatores pontuais e inesperados. Um grande exemplo de resíduo foram as interferências causadas pela pandemia decorrente da COVID-19, impactando em várias observações ao longo do tempo, tais quais: nos número de mortes por doenças respiratórias, nos resultados financeiros das empresas, nas lotações de centros hospitalares, etc. Tais externalidades são ao mesmo tempo incontroláveis e inesperadas nas séries temporais em comento. Uma vez que esses tipos de acontecimento não são regulares e não se repetem em um padrão, eles podem comprometer o resultado de alguns estudos das séries temporais.

Sendo assim, a identificação do componente residual é fundamental tanto para sua remoção quando oportuno for, ou então para verificação das variações cíclicas que podem ocorrer durante esse evento .

A análise de séries temporais podem ser realizadas com base em diversos objetivos, que podem ser segmentados em quatro grupos :

- **Descrição:** Consiste em descrever o comportamento da série temporal, como a existência ou não de tendências, sazonalidade e observações dos resíduos;
- **Explicação:** É referente a identificação de duas ou mais variáveis para expli-

cação da variação de uma série com base em outra;

- **Previsão:** Tem como objetivo prever valores futuros a partir dos valores passados, caracterizando o comportamento da série, para esse grupo é realizada uma análise de toda a série é utilizado uma janela temporal de dados passados para prever o valor futuro. Por exemplo, é analisado os últimos 20 dias para prever os próximos 2 dias;
- **Controle:** Seu principal objetivo é mensurar a qualidade dos dados do processo.

## PREVISÃO DE SÉRIES TEMPORAIS

*Forecasting* é a previsão de ocorrência de um evento futuro, dadas as observações de uma série de eventos numa escala temporal . O principal objetivo na previsão da ocorrência desse evento vindouro é para que os tomadores de decisão possam fazer melhores escolhas. Os autores em Wheelwright et al. (1998), elucidam que existem duas abordagens principais para a previsão, quais sejam: as séries explicativas (causais) e temporais .

A previsão explicativa assume uma relação de causa e efeito entre as entradas e saídas. De acordo com a previsão explicativa, alterar as entradas afetará a saída do sistema de uma maneira previsível, assumindo que a relação de causa e efeito é constante.

Ao contrário da previsão explicativa, a previsão de séries temporais trata o sistema como uma “caixa preta” e procura descobrir os fatores que afetam seu comportamento. Há duas importantes motivações para querer tratar um sistema como uma caixa preta. Primeiramente, o sistema pode não ser compreendido e, mesmo que fosse entendido, pode ser extremamente difícil medir as relações que governam seu comportamento. Em segundo lugar, a principal preocupação pode ser apenas a previsão em si, e não o porquê do fenômeno observado.

Por ter ampla aplicabilidade, a previsão de séries temporais é utilizada em diversas áreas de conhecimento, por exemplo: aviação, para prever a demanda por viagens ; em medicina, para prever a quantidade de óbitos por determinada doença , ; e em economia, para estimar os valores de ações no mercado financeiro.

## MODELAGEM E PREVISÃO DE SÉRIES TEMPORAIS

A modelagem e previsão em séries temporais nem sempre é um processo direto. Existem inúmeras técnicas para construir modelos que podem modelar, estimar e prever momentos futuros.

Posteriormente, esses modelos podem ajudar a tomar decisões calculadas que, por sua vez, podem mitigar os riscos e maximizar os retornos. Além disso, a construção

de modelos de previsão confiáveis e robustos é essencial para prever o comportamento dos dados, como por exemplo, movimentos do mercado financeiro, geração de energia e precipitação de chuvas.

## MODELOS DE REGRESSÃO

Há muitos problemas que exigem a investigação de relacionamentos entre duas ou mais variáveis. A análise de regressão é um método estatístico típico, que há muito é usado para a modelagem e solução desta classe de problema. O objetivo da análise de regressão é estimar as dependências entre a variável principal e um conjunto de fatores externos aos regressores .

O modelo de regressão linear é um modelo simples e largamente utilizado. Assume-se que existe um conjunto de fatores externos  $X_1(t), X_2(t), \dots, X_p(t)$ , que têm um impacto no processo e a relação entre eles é linear .

Os autores em Halimi et al. (2011), afirmam que os modelos de regressão não-linear são baseados em suposições , que são dadas a uma função matemática, que descreve a relação entre o processo e o fator externo. No entanto, na prática, não é muito comum esse tipo de dependência funcional entre o processo e o fator externo. Portanto, os modelos de regressão não-linear são usados com menos frequência do que os lineares.

Esses modelos têm como principais vantagens a simplicidade, flexibilidade e uniformidade de cálculos, simplicidade de construção de modelos, transparência dos cálculos intermediários. E como desvantagens a ineficiência em situações com externalidades ao modelo e baixa adaptabilidade de modelos de regressão linear para processos não lineares.

## MODELOS DE SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL

Ainda no início da década de 90, Barakat et al. (1990) provou a dificuldade em analisar e prever os dados aplicando unicamente o método de Holt-Winters, pelo fato dos conjuntos de dados geralmente conterem valores esparsos . Para superar o problema da esparsidade, nesta mesma década, El-Keib et al. (1995), propôs uma estratégia combinada onde o método de suavização exponencial foi combinado com outros métodos, como o auto-regressivo e modelos de análise de espectro .

Apesar do fato de que os métodos de suavização exponencial foram inventados em meados do século 20, eles ainda são frequentemente usados no enfrentamento de diversos problemas até a atualidade, como pode-se atestar nos trabalhos de Goodwin et al. (2010), nas variações e adaptações do modelo clássico de Holt-Winters , ou ainda como os modelos de suavização exponencial de Sasongko et al. (2017), específicos para a criação e modelagem financeiras e de processos econômicos .

A base da suavização exponencial é uma ideia de revisão repetitiva da função de previsão, sendo comparada ao valor recentemente observado. O modelo de suavização exponencial atribui pesos exponencialmente decrescentes a valores anteriores, de acordo com a antiguidade .

A utilização da técnica de suavização exponencial trás de vantagens a transparência dos cálculos intermediários, simplicidade e eficácia relativa, modelos de fácil construção. Porém, assim como os modelos de regressão, sofrem com a baixa adaptabilidade.

## MODELOS AUTOREGRESSIVOS DE MÉDIAS MÓVEIS

Os modelos autorregressivos baseiam-se na ideia de que os valores do processo são linearmente dependentes de algum número de valores passados do mesmo processo. Segundo Dimitrios e Hall (2011), nesse modelo, o valor real do processo é expresso como uma soma da combinação linear finita de valores anteriores e dos impulsos, chamada ruído branco . Este modelo é frequentemente denotado como  $AR(p)$ . Os parâmetros  $c$  e  $\varphi_i$  são geralmente estimados pelos métodos de mínimos quadrados ou máxima verossimilhança. O modelo de média móvel, desempenha um papel muito importante na descrição das séries temporais e é frequentemente utilizado em relação aos modelos auto-regressivos.

Na literatura, o modelo de média móvel de ordem  $q$  é geralmente denotado como  $MA(q)$ . Na verdade, o modelo de média móvel é um filtro de resposta de impulso finito aplicado ao ruído branco. Como observado nos trabalhos de previsão de índices de Wang et al. (2012), para a obtenção de uma melhor qualidade de previsão, os dois modelos anteriores são frequentemente mesclados em um modelo híbrido, autorregressivo e modelo de média móvel .

O modelo comum é denotado como  $ARMA(p, q)$  e une um filtro de média móvel de ordem  $q$  e autorregressão de valores filtrados de ordem  $p$ . Se os dados da série temporal mostrarem evidência de não-estacionariedade, a etapa de diferenciação inicial poderá ser aplicada para reduzir a não-estacionariedade. Este modelo é geralmente denotado como  $ARIMA(p, d, q)$ . O parâmetro  $d$  representa o grau de diferenciação, corresponde à parte integrada do modelo.

Médias Móveis Integradas Autoregressivas (do inglês, *Autoregressive Integrated Moving Average* - ARIMA) são classes de algoritmos aplicáveis para cenários onde o tempo é uma variante imprevisível. O modelo usa os dados atuais combinados com valores coletados anteriormente, juntamente com os erros enfrentados nas previsões passadas para prever valores autênticos .

O modelo ARIMA é capaz de corrigir a inconsistência e os preconceitos nas estimativas de regressão. Inconsistências geralmente surgem quando as variáveis dependentes atrasadas são selecionadas como regressoras. Este modelo é considerado superior a outras regressões multivariadas comuns e análises de séries temporais, isto

porque leva em consideração o erro residual e prevê o erro residual atual com a ajuda da computação dos erros prévios .

## MODELOS ESTOCÁSTICOS

Alguns dados possuem características ruidosas, bem como múltiplas dimensionalidades. Assim, a maioria dos métodos acima mencionados são comprovadamente inconsistentes e imprevisíveis em termos de desempenho da previsão. Isto é devido à presença de processos não-lineares dentro dos modelos de previsão de séries temporais, um exemplo desses dados são as séries financeiras.

Para superar esses problemas, Vapnik (1999), desenvolveu um modelo de previsão de séries temporais financeiras utilizando um algoritmo de aprendizado de máquina de vetor de suporte ( do inglês, *Support Vector Machines* - SVM) que utiliza soluções lineares para resolver esses problemas .

As pesquisas do SVM mostraram que esses modelos superam as questões existentes no plano não-linear de métodos baseado em dados. O desempenho do SVM depende dos vários recursos de entrada dos dados que são levados para o processamento dentro dos modelos. Combinando os modelos de regressão SVM com outros parâmetros e técnicas de otimização, como o Algoritmo Genético (AG), a previsão pode ser melhorada.

Em An et al. (2007), os autores apresentam um modelo combinatório entre o SVM com AG para previsão de séries temporais financeiras . Um método muito semelhante foi proposto por Huang e Wang (2006), que envolve processos de otimização simultânea, onde comprovou a eficiência de classificação em SVM .

Em sequência, Huang propôs um tipo semelhante de modelo híbrido para seleção e análise utilizando o AG e regressão vetorial de suporte (do inglês, *Support Vector Regression* - SVR).

O SVR é usado para gerar as previsões dos resultados reais do estoque com base no ranking. As ações altamente cotadas são finalmente tomadas por construção de portfólio. A paralelização do parâmetro otimização e modelagem são feitas usando AG.

Já Kumar et al. (2014), desenvolveu modelos híbridos para prever retornos de índices de ações, combinando modelos lineares ARIMA e não-lineares, SVM, redes neurais artificiais e *Random Forest* (RF). A análise demonstrou que o modelo híbrido ARIMA-SVM foi o melhor modelo de previsão para alcançar alta precisão de previsão e melhores retornos .

## Modelos de Redes Neurais Artificiais

Redes Neurais Artificiais (RNA) são ferramentas que, atualmente, estão sendo usadas para resolver uma enorme quantidade de tarefas de diferentes áreas. Segundo Sze et al. (2017), a maioria dos exemplos frequentes são a previsão de séries temporais, reconhecimento de padrões, *clustering* de dados e classificação .

Os autores em Zhang et al. (2015), forneceram uma investigação sobre como modelar a predição de séries temporais de dados de tendências e sazonais com vários tipos de RNAs . Eles usaram técnicas de redes neurais para modelar previsões trimestrais de séries temporais para padrões de tendência e sazonalidade. Em Hamzacebi (2008), o autor propôs um novo tipo de modelo RNA para melhorar o desempenho da predição de séries temporais sazonais .

Uma coletânea das técnicas híbridas de RNA usadas para predição de séries temporais foi organizada por Taskaya-Temizel and Casey (2005), para a otimização dos modelos de RNA, para construção desta coletânea foram utilizados algoritmos de busca aleatória e algoritmos de busca gradiente, de acordo com as especificidades dos dados das séries temporais estudadas .

Kim e Han (2000), idealizaram um método baseado em AG para discretizar as características do estoque e descobrir os pesos de conexão no modelo de RNA para prever o índice do mercado de ações . Muitas outras pesquisas e modificações foram feitas nos modelos baseados no AG que são usados para classificar os ativos com base nas funções de adequação pré-definidas. Os autores em Egriglu et al. (2013), propuseram um método híbrido combinando a RNA ao Fuzzy C-Means (FCM), para previsão de séries temporais difusas .

A principal vantagem desses modelos é a não linearidade. As redes neurais podem lidar facilmente com as dependências não lineares entre valores futuros e passados dos processos, tem-se uma grande adaptabilidade, escalabilidade e paralelização dos modelos. Além da possibilidade de treinamento sem o conhecimento do problema em si, necessitando apenas de uma boa base de dados. Porém, como desvantagens têm-se os altos requisitos de desempenho de *hardware* ou ainda de tempo durante o processo de treinamento da rede. Complexidade da arquitetura e ausência de transparência dos cálculos intermediários.

## MODELOS BASEADOS EM CADEIA DE MARKOV

Modelos de previsão baseados nas cadeias de Markov assumem que o estado futuro do processo depende apenas do seu estado atual e não depende de seus estados mais antigos. Os modelos de cadeia de Markov são aplicáveis nas séries temporais de memória curta (*Long-short Memory*).

Como explicam os autores em Hochreiter and Schmidhuber (1997), que propôs a arquitetura LSTM que em sua arquitetura leva em consideração os períodos da série temporal e utiliza como parâmetro em sua forma de ligação nos neurônios em sua topologia da rede neural .

Ao construir o modelo da cadeia de Markov, o conjunto de estados e as probabilidades de transições correspondentes são definidos. Se o estado atual do processo for definido, o

estado futuro é selecionado como o estado com probabilidade de transição máxima.

Em seus estudos, Liu (2010), demonstrou que se as probabilidades de transição forem adequadamente armazenadas na matriz, os valores futuros subsequentes podem ser determinados pela multiplicação da matriz de probabilidade e pela seleção máxima de probabilidade. Esse tipo de técnica tem como principal desvantagem a impossibilidade da obtenção de uma modelagem e previsão de longo prazo.

## ANÁLISE DOS MODELOS

Todos esses trabalhos motivam a investigação de métodos eficazes na modelagem e predição de séries temporais, bem como fornecem informações que mostram a relevância do principal objetivo da pesquisa. Assim, é natural que existam vantagens e desvantagens associadas a cada modelo e técnica em particular. A Tabela 1 traça um resumo analítico sobre estes fatores.

Modelo de Previsão	Vantagens	Desvantagens
Regressão	Simplicidade, flexibilidade e uniformidade de cálculos. Simplicidade de construção de modelos. Transparência dos cálculos intermediários	Ineficiência em situações com externalidades ao modelo e baixa adaptabilidade de modelos de regressão linear para processos não lineares
Suavização Exponencial	Transparência dos cálculos intermediários, simplicidade e eficácia relativa. Modelos de fácil construção	Inflexibilidade semelhante aos modelos de regressão
ARIMA e Estocásticos	Transparência e uniformidade de cálculos e construção de modelos. Construção de modelo relativamente simples. Grande capacidade de hibridização com os demais modelos	Possibilidade de grande número de parâmetros requeridos para serem configurados. Limitações de adaptação na resolução de processos não lineares
RNA	Grande adaptabilidade e escalabilidade. Habilidade de cálculos paralelos. Treinamento sem o conhecimento do problema em si, necessitando apenas de uma boa base de dados	Grande número de parâmetros. Altos requisitos de desempenho de hardware ou ainda de tempo durante o processo de treinamento de rede. Complexidade da arquitetura e ausência de transparência dos cálculos intermediários
Cadeia de Markov	Transparência dos cálculos e passos realizados para a solução do problema	Impossibilidade da obtenção de uma modelagem e previsão de longo prazo

Tabela 1. Análise das vantagens e desvantagens dos modelos estudados.

## REFERÊNCIAS

- [Aladag et al. 2012] Aladag, C. H., Yolcu, U., Egrioglu, E., and Dalar, A. Z. (2012). A new time invariant fuzzy time series forecasting method based on particle swarm optimization. *Applied Soft Computing*, 12(10):3291–3299.
- [An et al. 2007] An, S., Liu, W., and Venkatesh, S. (2007). Fast cross-validation algorithms for least squares support vector machine and kernel ridge regression. *Pattern Recognition*, 40(8):2154–2162.
- [Asteriou and Hall 2011] Asteriou, D. and Hall, S. G. (2011). Arima models and the box–jenkins methodology. *Applied Econometrics*, 2(2):265–286.
- [Barakat et al. 1990] Barakat, E., Qayyum, M., Hamed, M., and Al Rashed, S. (1990). Short-term peak demand forecasting in fast developing utility with inherit dynamic load characteristics. i. application of classical time-series methods. ii. improved modelling of system dynamic load characteristics. *IEEE Transactions on Power Systems*, 5(3):813–824.
- [Botchkarev 2018] Botchkarev, A. (2018). Performance metrics (error measures) in machine learning regression, forecasting and prognostics: Properties and typology. *arXiv preprint arXiv:1809.03006*.
- [Brocklebank and Dickey 2003] Brocklebank, J. C. and Dickey, D. A. (2003). *SAS for forecasting time series*. John Wiley & Sons.
- [Brockwell et al. 2002] Brockwell, P. J., Davis, R. A., and Calder, M. V. (2002). *Introduction to time series and forecasting, volume 2*. Springer.
- [Chatfield 2013] Chatfield, C. (2013). *The analysis of time series: theory and practice*. Springer.
- [Chen et al. 2009] Chen, C.-F., Chang, Y.-H., and Chang, Y.-W. (2009). Seasonal arima forecasting of inbound air travel arrivals to taiwan. *Transportmetrica*, 5(2):125–140.
- [de Alencar 2020] de Alencar, V. C. (2020). *Uso de Técnicas de Data Science na Previsão: de Febre Amarela Utilizando o Twitter*. Editora Appris.
- [de Lima et al. 2019] de Lima, R. D. T., Fernandes, S. M. M., and Melo, I. P. L. (2019). Fourier genetic series: An evolutionary time series modeling technique. In *2019 IEEE Latin American Conference on Computational Intelligence (LA-CCI)*, pages 1–6. IEEE.
- [Dolacio et al. 2017] Dolacio, T. A. et al. (2017). Modelagem na predição de risco de infestação de *aedes aegypti* (diptera, culicidae) e subsídios governamentais na tomada de decisão para vigilância e monitoramento.
- [Egrioglu et al. 2013] Egrioglu, E., Aladag, C. H., and Yolcu, U. (2013). Fuzzy time series forecasting with a novel hybrid approach combining fuzzy c-means and neural networks. *Expert Systems with Applications*, 40(3):854–857.
- [Ehlers 2007] Ehlers, R. S. (2007). *Análise de séries temporais*. Laboratório de Estatística e Geoinformação. Universidade Federal do Paraná .

- [El-Keib et al. 1995] El-Keib, A., Ma, X., and Ma, H. (1995). Advancement of statistical based modeling techniques for short-term load forecasting. *Electric Power Systems Research*, 35(1):51–58.
- [Goodwin et al. 2010] Goodwin, P. et al. (2010). The holt-winters approach to exponential smoothing: 50 years old and going strong. *Foresight*, 19(19):30–33.
- [Halimi et al. 2011] Halimi, A., Altmann, Y., Dobigeon, N., and Tourneret, J.-Y. (2011). Nonlinear unmixing of hyperspectral images using a generalized bilinear model. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 49(11):4153–4162.
- [Hamzac,ebi 2008] Hamzacebi, C. (2008). Improving artificial neural networks performance in seasonal time series forecasting. *Information Sciences*, 178(23):4550–4559.
- [Hochreiter and Schmidhuber 1997] Hochreiter, S. and Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural computation*, 9(8):1735–1780.
- [Huang and Wang 2006] Huang, C.-L. and Wang, C.-J. (2006). A ga-based feature selection and parameters optimization for support vector machines. *Expert Systems with applications*, 31(2):231–240.
- [Hyndman and Koehler 2006] Hyndman, R. J. and Koehler, A. B. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. *International journal of forecasting*, 22(4):679–688.
- [Ishaque and Ziblim 2013] Ishaque, M. and Ziblim, S. (2013). Use of some exponential smoothing models in forecasting some food crop prices in the upper east region of ghana. *Mathematical Theory and Modeling*, 3(7):16–27.
- [Kim and Han 2000] Kim, K.-j. and Han, I. (2000). Genetic algorithms approach to feature discretization in artificial neural networks for the prediction of stock price index. *Expert systems with Applications*, 19(2):125–132.
- [Kirchg' assner and Wolters 2007] Kirchgassner, G. and Wolters, J. (2007). *Introduction to modern time series analysis*. Springer Science & Business Media.
- [Kumar and Thenmozhi 2014] Kumar, M. and Thenmozhi, M. (2014). Forecasting stock index returns using arima-svm, arima-ann, and arima-random forest hybrid models. *International Journal of Banking, Accounting and Finance*, 5(3):284–308.
- [Liu 2010] Liu, T. (2010). Application of markov chains to analyze and predict the time series. *Modern Applied Science*, 4(5):162.
- [Malska and Wachta 2015] Malska, W. and Wachta, H. (2015). Wykorzystanie modelu arima do analizy szeregu czasowego. *Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Elektrotechnika*, (34 [292], nr 3):23–30.
- [Montgomery et al. 2012] Montgomery, D. C., Peck, E. A., and Vining, G. G. (2012). *Introduction to linear regression analysis*, volume 821. John Wiley & Sons.
- [Peng et al. 2003] Peng, H., Ozaki, T., Haggan-Ozaki, V., and Toyoda, Y. (2003). A parameter optimization method for radial basis function type models. *IEEE Transactions on neural networks*, 14(2):432–438.

[Ravichandran et al. 2005] Ravichandran, K., Thirunavukarasu, P., Nallaswamy, R., and Babu, R. (2005). Estimation of return on investment in share market through ann. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 3.

[Sasongko et al. 2017] Sasongko, R. S., Prasetyo, E., and Purbaningtyas, R. (2017). System prediction production pt. vico indonesia using method holt winters. *JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMPUTER SCIENCES*, VOL 2 NUMBER 1, JUNE 2017, 2(1).

[Sorjamaa et al. 2007] Sorjamaa, A., Hao, J., Reyhani, N., Ji, Y., and Lendasse, A. (2007). Methodology for long-term prediction of time series. *Neurocomputing*, 70(16-18):2861–2869.

[Sze et al. 2017] Sze, V., Chen, Y.-H., Yang, T.-J., and Emer, J. S. (2017). Efficient processing of deep neural networks: A tutorial and survey. *Proceedings of the IEEE*, 105(12):2295–2329.

[Taskaya-Temizel and Casey 2005] Taskaya-Temizel, T. and Casey, M. C. (2005). A comparative study of autoregressive neural network hybrids. *Neural Networks*, 18(5-6):781–789.

[Vapnik 1999] Vapnik, V. N. (1999). An overview of statistical learning theory. *IEEE transactions on neural networks*, 10(5):988–999.

[Wang et al. 2012] Wang, J.-J., Wang, J.-Z., Zhang, Z.-G., and Guo, S.-P. (2012). Stock index forecasting based on a hybrid model. *Omega*, 40(6):758–766.

[Wheelwright et al. 1998] Wheelwright, S., Makridakis, S., and Hyndman, R. J. (1998). *Forecasting: methods and applications*. John Wiley & Sons.

[Zhang and Qi 2005] Zhang, G. P. and Qi, M. (2005). Neural network forecasting for seasonal and trend time series. *European journal of operational research*, 160(2):501–514.

## 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](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

Atena  
Editora

Ano 2020

# TECNOLOGIAS, MÉTODOS E TEORIAS NA ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

 **Atena**  
Editora

Ano 2020