

# 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 Senkio Cardoso	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45521160414</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>158</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>159</b>

# CAPÍTULO 12

## APRENDIZADO CONJUNTO APLICADO NA PREDIÇÃO DO MERCADO DE AÇÕES BRASILEIRO

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 08/01/2021

### Alvaro Pedroso Queiroz

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Cornélio Procópio – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/7863634128031457>

### Giovani Volnei Meinerz

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Cornélio Procópio – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/0746723713646857>

### Érica Ferreira de Souza

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/8904855809524041>

**RESUMO:** A previsão do mercado de ações é considerada uma tarefa complexa, envolvendo áreas interdisciplinares como estatística, economia e computação. Com o avanço das técnicas de *machine learning*, tal prática se tornou um recurso bastante utilizado para a maximização de lucros do mercado. É crescente o número de investidores e pesquisadores desse âmbito em cenário nacional, no entanto, após pesquisa bibliográfica realizada, não foram encontrados trabalhos que utilizam modelos que fazem combinação de técnicas de *machine learning*. Este trabalho apresenta o *Stock Market Ensemble Predictor* (SMARTER), um modelo de aprendizado de máquina que combina diferentes técnicas de regressão, desenvolvido com o objetivo de realizar análises preditivas

sobre dados históricos do mercado de ações brasileiro, visando aumentar a acurácia da precisão por meio da combinação dos resultados de múltiplas abordagens. Obteve-se com as técnicas *OLS* e *Bayesian Ridge*, aliado a técnica de *Voting*, o maior coeficiente de determinação  $R^2$  médio dentre as combinações testadas. O valor alcançado foi de 0,914864, formando um modelo mais confiável, aumentando a acurácia da precisão do resultado.

**PALAVRAS - CHAVE:** Bolsa de valores. Previsão. Aprendizado do computador.

### ENSEMBLE LEARNING APPLIED IN THE PREDICTION OF THE BRAZILIAN STOCK MARKET

**ABSTRACT:** Forecasting the stock market is considered a complex task, involving interdisciplinary areas such as statistics, economics and computing. With the advancement of machine learning techniques, this practice has become a widely used resource for maximizing market profits. The number of investors and researchers in this field is growing in the national scenario, however, after a bibliographic research, no studies were found using models that combine machine learning techniques. This paper presents the *Stock Market Ensemble Predictor* (SMARTER), a machine learning model that combines different regression techniques, developed with the objective of performing predictive analyzes on historical data from the Brazilian stock market, aiming to increase the accuracy of precision through combining the results of multiple approaches. With the *OLS* and *Bayesian Ridge* techniques, combined with

the Voting technique, the highest average coefficient of determination  $R^2$  among the tested combinations was obtained. the value reached was 0.914864, forming a more reliable model, increasing the accuracy of the precision of the result.

**KEYWORDS:** Stock exchanges. Forecasting. Machine learning.

## 1 | INTRODUÇÃO

O mercado de ações é o ambiente no qual empresas de capital aberto e que estejam listadas na bolsa, negociam frações de seu patrimônio através de operações de compra e venda. Essas frações denominam-se ações, que correspondem à participação que o investidor tem em uma empresa, representando um direito sobre os ativos e lucros dessa companhia (NETO, 2018, p. 294-295). O setor acionário brasileiro está concentrado em uma bolsa de valores denominada Brasil, Bolsa, Balcão (B3).

A previsão da oscilação do mercado de ações é considerada uma tarefa complexa para muitos analistas da área de finanças quantitativas, tendo características interdisciplinares, envolvendo áreas como estatística, economia e computação (PASUPULETY et al., 2019).

Com o avanço dos algoritmos de *machine learning* nos domínios financeiros, essa prática se tornou um dos principais recursos na análise técnica atualmente, podendo estipular modelos que possam maximizar os lucros do mercado (LIU, 2017, p. 228-229).

Em termos estatísticos, segundo Pahwa e Agarwal (2019), existem métodos de regressão linear que utilizam valores e atributos e estabelecem um relacionamento entre eles, sendo muito utilizado devido a sua simplicidade e eficácia na previsão. Enquadrando esses conceitos no aprendizado de máquina, é possível adaptar a mesma técnica utilizando recursos para treinamento de um classificador que prediz o valor do rótulo com determinada precisão.

Dessa forma, existe uma gama de técnicas de *machine learning* presentes em diferentes métodos, capazes de realizar previsões através de dados. Logo, surge a indagação de que tipo de técnica deve ser escolhida dentre as muitas existentes. Uma das alternativas é o emprego do *ensemble learning*, em que é possível estabelecer um modo de aprendizado capaz de realizar a união de várias técnicas de *machine learning* (ZHANG & MA, 2012, p. 1-2).

De acordo com Polikar (2009), um sistema baseado em *ensemble* é obtido por meio da combinação de vários modelos que, dentre suas aplicações, pode ser utilizado principalmente para melhorar o desempenho de um modelo ou reduzir a probabilidade de uma má seleção em um modelo ruim.

Assim, ponderado o impacto e a crescente quantidade de estudos publicados sobre o mercado acionário aliado a métodos de *machine learning*, este trabalho tem por objetivo desenvolver um modelo de análise preditiva baseado em métodos de aprendizado conjunto (*ensemble learning*), sendo denominado de *Stock Market Ensemble Predictor* (SMARTER),

pra aplicação sobre dados históricos do mercado de ações brasileiro, visando aumentar a acurácia da previsão por meio da combinação dos resultados de múltiplas abordagens.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho de pesquisa, foram utilizadas algumas tecnologias, tais como: MongoDB, sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) responsável pelo armazenamento dos dados coletados; linguagem de programação Python; Jupyter Notebook, como ambiente de desenvolvimento integrado; biblioteca Scikit-learn, para análise preditiva dos dados; e as bibliotecas do projeto *open-source* Anaconda, para utilização de ferramentas importantes para a realização da ciência de dados, como a manipulação dos dados com o Pandas, a utilização de estruturas de dados e manipulação dessas com Numpy e Scipy, a criação de gráficos e visualizações de dados em geral com o Matplotlib e o Seaborn, bem com a utilização de funções matemáticas com o Math.

Dessa forma, para a criação dos modelos, definiu-se um *workflow*, em que se estipulou um conjunto de etapas que sistematicamente transforma e processa os dados com a finalidade de criar soluções preditivas, sendo organizado pelos seguintes processos: análise do problema, preparação dos dados, adequação ao problema, pré-processamento, treinamento, teste e avaliação do modelo.

Na etapa de **análise do problema**, focou-se no conhecimento do problema em questão, na realização de estudos e pesquisas em artigos que permitiram situar conclusões e observações já formalizadas a respeito desse âmbito e conseqüentemente proporcionar uma definição de resultado esperado.

Em seguida, iniciou-se a etapa de **preparação dos dados**, que foram coletados a partir das cotações históricas da B3 disponíveis em seu site. Os dados foram armazenados no SGBD e em seguida realizou-se uma análise exploratória, com a finalidade de obter uma visão geral, como a identificação de atributos que possuíam valores constantes, os que possuíam valores ausentes, além de obter informações estatísticas destas, para ajudar em tomadas de decisões.

Sendo assim, a quantidade total coletada foi de **2.245.476 registros** em um intervalo temporal compreendido entre 01/01/2015 à 31/05/2019. No entanto, como o presente trabalho visa o mercado acionário, só interessam os registros relacionados aos tipos de mercado **à vista e fracionário**. Do total coletado, cerca de **36,4%** correspondem a esses tipos de mercado, obtendo um conjunto de dados a ser trabalhado com **817.789 registros**.

O mercado de ações possui diferentes formas de influências no preço, o que pode gerar oscilações para determinadas ações. Dessa forma, na etapa de **adequação ao problema**, foi realizada uma divisão em diferentes cenários e intervalos temporais, a fim de verificar como os modelos se comportam em tais configurações.

Para a realização dos testes dos modelos, foram definidas ações de **5 empresas**,

baseado em sua importância para o mercado acionário (as mais negociadas, com os maiores volumes). São elas: ABEV3, BBDC4, ITUB4, PETR4 e VALE3.

Ademais, foram estabelecidos **cenários** distintos, compostos por diferentes **períodos**, com a ideia de testar o comportamento dos modelos em **intervalos temporais** com diferentes quantidades de registros.

Na sequência, tais intervalos foram divididos em duas situações distintas quanto a volatilidade, obtendo cenários com **alta volatilidade** (períodos em que possui altas variações no preço da ação) e **volatilidade normalizada** (períodos com pouca variação no preço da ação).

Para que os modelos de *machine learning* tenham um bom desempenho, é necessário que esses recebam dados com qualidade e úteis para a predição, evitando possíveis problemas com dados ruidosos, redundantes, perdidos, dentre outros (KOTSIANTIS et al., 2007). Para tal, os dados selecionados precisaram passar por um **pré-processamento** antes de serem utilizados para a realização do treinamento.

Sendo assim, foram selecionados os seguintes atributos: **Código de negociação**, para a identificação das ações; **Data do pregão** (data em que a ação foi destinada a fechamento de negócios de compra e venda), para a formulação dos intervalos temporais; **Preço de abertura**, **Preço máximo**, **Preço mínimo** e **Volume total**, para serem os atributos preditores; **Preço de fechamento**, como o atributo a ser predito.

Como os atributos preditores apresentavam unidade de medida diferentes (os preços estão em reais e o volume total em quantidade), essa diferença poderia ocasionar problemas em alguns algoritmos, fazendo-os enviesar para as variáveis com maior ordem de grandeza (SKIENA, 2017, p. 103-104). Logo, a **padronização** desses dados se tornou necessária, utilizando a fórmula *z-score* representada pela equação (1):

$$Z_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma} \quad (1)$$

Onde a variável  $x_i$  representa o valor do atributo,  $\mu$  é equivalente à média da distribuição do atributo e  $\sigma$  o desvio padrão associado. Essa fórmula foi aplicada para cada valor presente em cada atributo, deixando todos em uma mesma escala.

Após toda a preparação realizada, os dados estavam prontos para serem utilizados para a criação dos modelos. Nessa etapa, o foco principal foi o **treinamento** destes, utilizando diversas técnicas e métodos, a fim de realizar combinações e aperfeiçoamentos, conquistando melhores resultados.

Na realização do treinamento, é muito importante que o **conjunto de treino** seja diferente do **conjunto de teste**, evitando a ocorrência de *overfitting* (LIU, 2017, p. 17). Assim, uma prática interessante é a **validação cruzada**, a qual consiste do treinamento e teste em diferentes subconjuntos de dados, a fim de entender como o modelo é generalizado (BROWNE, 2000).

Como os dados possuem características temporais, a divisão dos dados foi estabelecida conforme a técnica **Time Series Split** que, a cada iteração utiliza a quantidade de dados que possui datas de pregões correspondentes aos períodos definidos para a realização do treino do modelo e o próximo período utilizado para teste, respeitando os padrões de tempo, ou seja, evitando que dados futuros sejam utilizados para previsão em tempos passados, como explicitado na Figura 1.

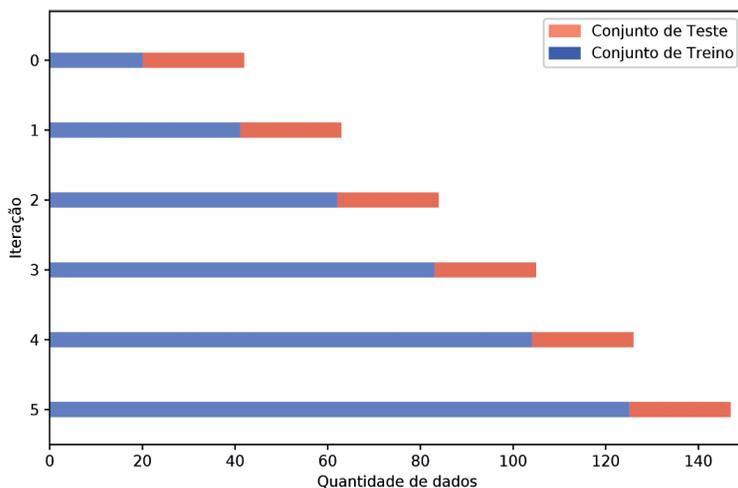


Figura 1 - Divisão de dados para treinamento e teste

Fonte: Próprio autor (2020).

O **conjunto de treino** é variado, sendo composto pela quantidade de **21 datas de pregão**, correspondentes a um intervalo temporal de **1 mês**. A cada iteração, os dados do próximo mês são agrupados ao conjunto de treinamento até que se obtenha um conjunto de treino equivalente a **6 meses**, ou seja, **126 datas de pregão**.

Já o **conjunto de teste** é composto pelos dados que possuem as **próximas 21 datas de pregão** do conjunto de treinamento, ou seja, sempre é testado com os dados do **mês posterior**.

Por fim, na etapa de **avaliação**, estipulou-se uma métrica de avaliação que emite valores úteis para mensurar a eficácia dos modelos testados, a fim de realizar comparações e utilizar como parâmetro para melhorias. Logo, utilizou-se o **coeficiente de determinação  $R^2$**  para a verificação de como cada modelo se ajustou aos dados, ou seja, o quanto o modelo é capaz de generalizar e ser efetivo com dados desconhecidos e, assim, realizar comparações de comportamento entre as diferentes técnicas utilizadas.

Tal métrica possui como valor de coeficiente um limite superior igual a 1, ou seja, quanto mais próximo o **coeficiente** estiver do **valor 1**, significa, a princípio, que os dados estão próximos à reta de regressão (MARTINS, 2018).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção discutirá os resultados alcançados pelos modelos desenvolvidos após a aplicação dos procedimentos descritos.

Na Tabela 1, encontra-se a média dos coeficientes de determinação  $R^2$ , obtidos pelos modelos com base em diferentes técnicas, em cenários com alta volatilidade e volatilidade normal.

Técnica	Alta volatilidade	Volatilidade Normal
Voting (Ordinary Least Squares + Bayesian Ridge)	0,902867	<b>0,926860</b>
Ordinary Least Squares	0,902983	<b>0,926633</b>
Bayesian Ridge	0,901908	<b>0,927001</b>
Bagging (Bayesian Ridge)	0,900691	<b>0,927055</b>
Bagging (Ordinary Least Squares)	0,903929	<b>0,922914</b>
Boosting (Ordinary Least Squares)	0,898316	<b>0,923812</b>
Stacking (Ordinary Least Squares + Bayesian Ridge)	0,890688	<b>0,928051</b>
Boosting (Bayesian Ridge)	0,892249	<b>0,922674</b>

Tabela 1 - Coeficiente de determinação  $R^2$  médio dos modelos em diferentes cenários de volatilidade

Fonte: Próprio autor (2020).

Percebe-se que dentre os modelos citados, todos possuem maiores valores de coeficiente de determinação  $R^2$  nos cenários com volatilidade considerada normal.

Para tanto, os resultados alcançados para intervalos com alta volatilidade, ainda assim são bem expressivos e com bastante relevância, indicando que mesmo com a alta variação de preço da ação, os modelos conseguem ter eficácia na previsão.

Portanto, é importante que um modelo de *machine learning* tenha seu desempenho satisfatório em ambos os cenários considerados (WENG et al.,2018). Sendo assim, a Tabela 2 apresenta a média dos melhores coeficientes de determinação  $R^2$  para os modelos desenvolvidos pelas diferentes técnicas, considerando os dois cenários de volatilidade.

Técnica	Coefficiente de determinação R <sup>2</sup>
<b>Voting (Ordinary Least Squares + Bayesian Ridge)</b>	<b>0,914864</b>
Ordinary Least Squares	0,914808
Bayesian Ridge	0,914455
Bagging (Bayesian Ridge)	0,913873
Bagging (Ordinary Least Squares)	0,913422
Boosting (Ordinary Least Squares)	0,911064
Stacking (Ordinary Least Squares + Bayesian Ridge)	0,909370
Boosting (Bayesian Ridge)	0,907462

Tabela 2 - Coeficiente de determinação R<sup>2</sup> médio dos modelos em ambos os cenários de volatilidade

Fonte: Próprio autor (2020).

Nota-se que a combinação das técnicas *Ordinary Least Squares* (OLS) e *Bayesian Ridge*, por meio de votação, alcança um resultado médio com valores superiores aos obtidos de forma individual.

Dessa forma, aplicou-se um estudo sobre o seu comportamento de uma forma mais aprofundada, buscando identificar os principais motivos que possibilitaram um desempenho robusto ao realizar combinações de técnicas de regressão distintas, sendo destacado na Figura 2.

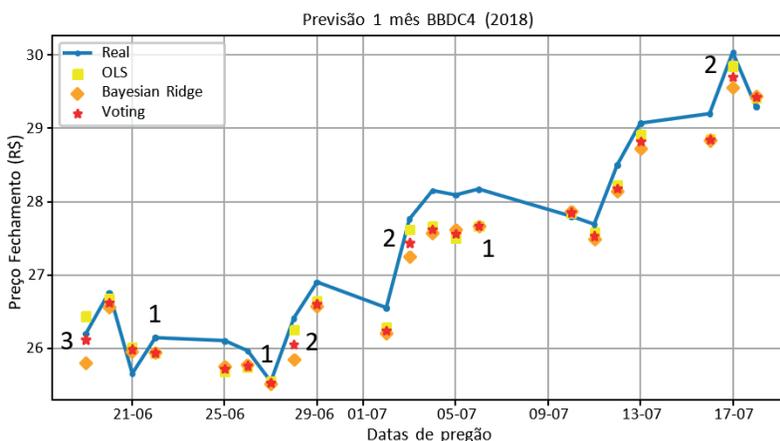


Figura 2 - Previsão de preço de fechamento pelos modelos para a ação BBDC4 utilizando 21 datas de pregão para treinamento e 21 datas de pregão para teste.

Fonte: Próprio autor (2020)

Conforme ilustrado, é possível estabelecer três situações distintas que ocorrem nas predições dos modelos gerados pelas técnicas citadas. A **primeira situação** é quando as previsões são bem **semelhantes**, obtendo os mesmos resultados ao serem combinados.

Já a **segunda situação**, ocorre quando um determinado modelo realiza uma previsão que mais se **aproxima do valor real** em comparação a previsão do outro modelo. Assim, a combinação ao realizar a intermediação, diminui a taxa de erro que o modelo com menos precisão teve, proporcionando o **equilíbrio** de suas fraquezas individuais, sendo útil para os diferentes tipos de comportamentos desenvolvidos em ações distintas.

Por fim, pode-se observar uma **terceira situação**, em que se possui uma **incongruência** de previsão entre os dois modelos utilizados (um modelo realiza previsão **acima do valor real** e o outro realiza previsão **abaixo do valor real**) e a combinação atua como um **intermediador**, obtendo valores mais próximos do real.

Vale destacar que a forma de combinação que a biblioteca utilizada implementa a técnica de *Voting*, é através do cálculo da **média** das previsões individuais dos vários regressores de base utilizados, formando a previsão final. Posto isso, foi de extrema importância a combinação de técnicas que geraram modelos com altos desempenhos, influenciando diretamente na melhora provocada com a utilização dessa combinação.

Assim sendo, devido aos resultados promissores alcançados na utilização da combinação das técnicas **OLS** e **Bayesian Ridge** empregando a técnica de *Voting*, tal combinação foi escolhida para ser a base do modelo **SMARTER**.

## 4 | CONCLUSÃO

Este trabalho desenvolveu o SMARTER, um modelo de análise preditiva baseado em métodos de aprendizado conjunto, aplicados sobre dados históricos do mercado de ações brasileiro, com o objetivo de aumentar a acurácia da previsão da oscilação dos preços das ações.

Após a realização da análise e avaliação dos resultados obtidos, constatou-se que este trabalho de pesquisa conseguiu alcançar o objetivo proposto, ao realizar a combinação das técnicas de regressão mais adequadas para a formação de um novo modelo de aprendizado de máquina, sendo os resultados obtidos por esse, apresentar melhores resultados médios estabelecidos através do coeficiente de determinação  $R^2$  comparados aos demais modelos desenvolvidos.

Portanto, o modelo desenvolvido proporciona benefícios de aumentar a qualidade de generalização, obtendo uma melhor definição do comportamento das ações e consequentemente atingindo previsões mais confiáveis.

Tal modelo pode ser incorporado a uma plataforma que utiliza dados extraídos em tempo real, tendo potencial de ser uma ferramenta de grande utilidade tanto para investidores e também pesquisadores da área.

## REFERÊNCIAS

BROWNE, M. W. **Cross-Validation Methods**. Journal of Mathematical Psychology, v. 44, n. 1, p. 108–132, 2000. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022249699912798>. Acesso em: 01 jun. 2020.

KOTSIANTIS, S.; KANELLOPOULOS, D.; PINTELAS, P. **Data Preprocessing for Supervised Learning**. World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering, v. 1, p. 4104–4109, 2007. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.104.8413&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 10 jun. 2020.

LIU, Y. **Python Machine Learning By Example**. Packt Publishing, 2017.

MARTINS, E. **Coeficiente de determinação**. Rev. Ciência Elem, v. 6, n. 1, p. 24. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2018/024/>. Acesso em: 10 jul. 2020.

NETO, A. A. **Mercado Financeiro**. 14. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

PAHWA, K.; AGARWAL, N. **Stock Market Analysis using Supervised Machine Learning**. IEEE, 2019. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8862225>. Acesso em: 20 mar. 2020.

PASUPULETY, U. et al. **Predicting Stock Prices using Ensemble Learning and Sentiment Analysis**. IEEE, 2019. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8791689>. Acesso em: 20 mar. 2020.

POLIKAR, R. **Ensemble learning**. Scholarpedia, v. 4, n. 1, p. 2776, 2009. Disponível em: [http://www.scholarpedia.org/article/Ensemble\\_learning](http://www.scholarpedia.org/article/Ensemble_learning). Acesso em: 27 abr. 2020.

SKIENA, S. S. **The Data Science Design Manual**. 1st. Springer Publishing Company, Incorporated, 2017.

WENG, B. et al. **Predicting short-term stock prices using ensemble methods and online data sources**. Expert Systems with Applications, v. 112, p. 258–273, 2018. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417418303622>. Acesso em: 17 mar. 2020

ZHANG, C.; MA, Y. **Ensemble Machine Learning: Methods and Applications**. Springer Publishing Company, Incorporated, 2012.

## 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