

Lilian Coelho de Freitas
(Organizadora)

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

3

Lilian Coelho de Freitas
(Organizadora)

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

3

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

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
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 Internazionele 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
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. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
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 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 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 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 Federaci 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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. 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
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. 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
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 Miranilde 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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
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. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza 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. Ma. 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. 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
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

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

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Lilian Coelho de Freitas

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia elétrica e de computação: atividades relacionadas com o setor científico e tecnológico 3 / Organizadora Lilian Coelho de Freitas. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-460-3

DOI 10.22533/at.ed.603200610

1. Engenharia elétrica. 2. Computação. I. Freitas, Lilian Coelho de (Organizadora). II. Título.

CDD 621.3

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A Atena Editora apresenta o *e-book* “*Engenharia Elétrica e de Computação: Atividades Relacionadas com o Setor Científico e Tecnológico 3*”. O objetivo desta obra é mostrar aplicações tecnológicas da Engenharia Elétrica e de Computação na resolução de problemas práticos, com o intuito de facilitar a difusão do conhecimento científico produzido em várias instituições de ensino e pesquisa do país.

O *e-book* está organizado em dois volumes que abordam de forma categorizada e interdisciplinar trabalhos, pesquisas e relatos de casos que transitam nos vários caminhos da Engenharia Elétrica e de Computação.

O Volume III tem como foco aplicações e estudos de atividades relacionadas à Computação, abordando temas variados do *hardware* ao *software*, tais como automação e robótica, arquitetura de redes, Internet, computação em névoa, modelagem e simulação de sistemas, entre outros.

O Volume IV concentra atividades relacionadas ao setor elétrico e eletrônico, abordando trabalhos voltados para melhoria de processos, análise de desempenho de sistemas, aplicações na área da saúde, entre outros.

Desse modo, temas diversos e interessantes são apresentados e discutidos, de forma concisa e didática, tendo como base uma teoria bem fundamentada nos resultados práticos obtidos por professores e acadêmicos.

Boa leitura!

Lilian Coelho de Freitas

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A AVALIAÇÃO PELOS ALUNOS DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DA APRENDIZAGEM DE ENGENHARIA DE SOFTWARE UTILIZANDO GAME DIGITAL

Antônio Carlos Pereira dos Santos Junior

DOI 10.22533/at.ed.6032006101

CAPÍTULO 2..... 15

SD-FANET: UMA ARQUITETURA PARA REDES AD HOC AÉREAS DEFINIDAS POR SOFTWARE

Diego da Silva Pereira

Luís Bruno Pereira do Nascimento

Vitor Gaboardi dos Santos

Daniel Henrique Silva Fernandes

Pablo Javier Alsina

DOI 10.22533/at.ed.6032006102

CAPÍTULO 3..... 28

UMA PESQUISA SOBRE OS MOTIVOS PARA A NÃO INSERÇÃO DO SISTEMA OPERACIONAL GNU/LINUX NOS COMPUTADORES PESSOAIS DOS ESTUDANTES DE GRADUAÇÃO

Elaine Alves da Rocha Pires

Andressa Pires Marassi

DOI 10.22533/at.ed.6032006103

CAPÍTULO 4..... 33

SUBMARINE CABLES, GLOBAL CONNECTIVITY AND HUMAN RIGHTS: THE INVISIBLE BORDERS OF THE INTERNET

Félix Blanc

Florence Poznanski

DOI 10.22533/at.ed.6032006104

CAPÍTULO 5..... 49

DESENVOLVIMENTO DE MÓDULOS DAS ESTAÇÕES MÓVEIS PARA APLICAÇÃO AO SISTEMA TELEMÉTRICO RAILBEE

Steffano Xavier Pereira

Rômulo César Carvalho de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.6032006105

CAPÍTULO 6..... 63

DESENVOLVIMENTO DE UMA EMPILHADEIRA ROBÓTICA AUTÔNOMA EM MINIATURA

Letícia Pedroso Colombo

Gabriel Carvalho Domingos da Conceição

Lucas Mota Ferreira

Elias José Rezende de Freitas

DOI 10.22533/at.ed.6032006106

CAPÍTULO 7..... 76

PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO AMOSTRADOR ROBÓTICO DE GRÃOS, CONTROLADO POR UM SISTEMA SUPERVISÓRIO, E DESTINADO À UNIDADES ARMAZENADORAS DE GRÃOS

Natália Corrêa de Sousa
Guilherme Augusto Nobre Aleixo
Lúcio Rogério Júnior
Antônio Manoel Batista da Silva
Marcelo Costa Dias

DOI 10.22533/at.ed.6032006107

CAPÍTULO 8..... 90

MODELAGEM E SIMULAÇÃO SISTEMA DE GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA APLICADAS A REDES INTELIGENTES

Thayza Marcela Van Der Laan Melo
Cláudio de Oliveira
Josué Eduardo da Silva Montalvão
Nayr Lara Tenório de Mello Albino

DOI 10.22533/at.ed.6032006108

CAPÍTULO 9..... 104

MÉTODO DE ALTO DESEMPENHO COMPUTACIONAL PARA ESTUDOS DE IMPACTO HARMÔNICO DE NOVOS ACESSANTES À REDE BÁSICA

Sergio Luis Varricchio
Cristiano de Oliveira Costa
Franklin Clement Véliz

DOI 10.22533/at.ed.6032006109

CAPÍTULO 10.....114

MONITORAMENTO DE PAINEL FOTOVOLTAICO ATRAVÉS DE COMPUTAÇÃO EM NÉVOA INTEGRADO À REDE GSM

Winderson Eugenio dos Santos
Maurizio Petruzielo
Sidnei Avelino da Silva Junior
Diego Luiz Ornelas Rampim

DOI 10.22533/at.ed.60320061010

CAPÍTULO 11..... 127

H_∞ MIXED SENSITIVITY CONTROL OF A SERVOMOTOR USING ARDUINO

Caio Igor Gonçalves Chinelato

DOI 10.22533/at.ed.60320061011

CAPÍTULO 12..... 138

ETCC ASSOCIADA À REALIDADE VIRTUAL COMO TRATAMENTO PARA DEPRESSÃO

Amanda Segura da Silva
Arthur Santos Rosa
Karolina Antunes Berna

Kauane Roberta Miranda de Sousa
Thays Ketlen Souza Mateus
José Wanderson Oliveira Silva

DOI 10.22533/at.ed.60320061012

CAPÍTULO 13..... 151

ANÁLISE DE ESTIMADORES RECURSIVOS APLICADOS NO CÁLCULO DE COEFICIENTES LPC DE SINAIS DE VOZ COM PATOLOGIAS LARÍNGEAS

Lucas Cardoso Dias
Suzete Élide Nóbrega Correia
Silvana Luciene do Nascimento Cunha Costa

DOI 10.22533/at.ed.60320061013

CAPÍTULO 14..... 159

APLICAÇÃO DA TRANSFORMADA *WAVELET* NA FILTRAGEM DE DADOS PARA IDENTIFICAÇÃO DE UMA PLANTA DE NEUTRALIZAÇÃO DE PH

Rogério Solda
Fernando Fernandes Neto
Claudio Garcia

DOI 10.22533/at.ed.60320061014

CAPÍTULO 15..... 171

ESTROBOSCÓPIO DE BAIXO CUSTO PARA DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS E TORQUE DE UMA MÁQUINA ROTATIVA

Adjeferson Custódio Gomes
David Lopes Pires
Hugo Spittel da Gama
Ítalo Medeiros Pereira
Luís Ricardo Cândido Cortes
Matheus Garcia Soares
Thiago Cardoso dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.60320061015

SOBRE A ORGANIZADORA..... 184

ÍNDICE REMISSIVO..... 185

ANÁLISE DE ESTIMADORES RECURSIVOS APLICADOS NO CÁLCULO DE COEFICIENTES LPC DE SINAIS DE VOZ COM PATOLOGIAS LARÍNGEAS

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 07/07/2020

Lucas Cardoso Dias

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba
João Pessoa – PB
<http://lattes.cnpq.br/9603054959701406>

Suzete Élidea Nóbrega Correia

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba
João Pessoa – PB
<http://lattes.cnpq.br/8845965627299767>

Silvana Luciene do Nascimento Cunha Costa

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba
João Pessoa – PB
<http://lattes.cnpq.br/3657711103938123>

RESUMO: Neste trabalho, são avaliados diferentes métodos para a estimação de coeficientes LPC (*Linear Predictive Coding*), sendo eles o da autocorrelação, dos mínimos quadrados recursivos (MQR) e do estimador recursivo da variável instrumental (ER-VI). É avaliado o potencial dos algoritmos na predição linear de sinais de vozes saudáveis e afetados por patologias laríngeas, tendo seus desempenhos mensurados pelo índice estatístico *Root Mean Square Error* (RMSE). Os coeficientes LPC estimados pelo método MQR forneceram RMSE superior à dos outros métodos, com valores acima de 0,9 na predição de vozes saudáveis e

afetadas pelas patologias edema e nódulo.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de séries temporais, codificação por predição linear, autocorrelação, mínimos quadrados recursivos, estimador recursivo da variável instrumental.

ANALYSIS OF RECURSIVE ESTIMATORS APPLIED IN THE CALCULATION OF LPC COEFFICIENTS OF VOICE SIGNALS WITH LARYNGAL PATHOLOGIES

ABSTRACT: In this study, different methods for the estimation of LPC coefficients (Linear Predictive Coding) are evaluated, being them the autocorrelation, the recursive least squares (MQR) and the recursive estimator of the instrumental variable (ER-VI). The potential of the algorithms in the linear prediction of signs of healthy voices and affected by laryngeal pathologies is evaluated, and their performance is measured by the Root Mean Square Error (RMSE) statistical index. The LPC coefficients estimated by the MQR method provided RMSE superior to that of the other methods, with values above 0.9 in the prediction of healthy voices and affected by the edema and nodule pathologies.

KEYWORDS: Autocorrelation, linear prediction coding, recursive estimator of the instrumental variable, recursive least squares, time series analysis.

1 | INTRODUÇÃO

Proposto originalmente por Fant na década de 1970, o modelo linear de produção da fala, também conhecido como teoria fonte-

filtro, estuda a fonação dentro dos aspectos de sinais e sistemas, em que as pregas vocais são consideradas a fonte sonora e o trato vocal, o filtro, matematicamente representado por um preditor linear (FANT, 1970; ALZAMENDI, 2016)

O método de predição por codificação linear (*Linear Predictive Coding* - LPC), consiste em estimar os coeficientes que compõem a estrutura polinomial do filtro que modela o sistema dinâmico vocal. Por intermédio da análise dos coeficientes LPC de sinais de voz, é possível extrair características importantes referentes à saúde vocal, uma vez que os parâmetros estimados conseguem detectar a desordem provocada nos sinais de voz marcados pela presença de patologias quando comparados a sinais de vozes saudáveis (RABINER, 1978).

Apesar dos aspectos não-lineares presentes no mecanismo de produção vocal, modelos obtidos com base na teoria fonte-filtro aplicados na modelagem de segmentos estacionários da voz são comumente empregados em diversas aplicações que envolvem processamento de sinais de voz (PROAKIS, MONOLAKIS, 2006). De acordo com Magi (2009), o método da autocorrelação apresenta-se como o mais popular entre as metodologias clássicas. Entretanto, fatores que possam intervir na integridade do sinal de voz a ser modelado comprometem a eficiência dos estimadores durante o cálculo dos coeficientes LPC.

Feifei and Weizhang (2014) apresentaram o estudo comparativo entre as técnicas clássicas da autocorrelação, da covariância, e do (Lattice Method) comumente empregadas no cálculo dos coeficientes LPC aplicados na modelagem de sinais de voz. Com base em análises de precisão de estimação, custo computacional e estabilidade, os autores mostram que o método da autocorrelação apresenta melhor desempenho geral em suas análises. Técnicas baseadas em redes neurais, espaço de estados, entre outros também são apresentadas na literatura como alternativas a metodologias clássicas (AGUIRRE, 2007).

No entanto, uma grande parte dos trabalhos relacionados a modelagem não apresentam avaliações de desempenho em vozes afetadas por algum tipo de patologia, desconsiderando os efeitos fisiopatológicos ocasionados pelos distúrbios presentes em vozes afetadas por patologias laringeas ou desvios vocais. Além disso, diversas pesquisas preocupam-se em apresentar métodos capazes de efetuar o cálculo de coeficientes LPC, contudo não dispõem como motivação a escolha ou análise comparativa entre estimadores eficientes na modelagem de vozes afetadas ou degradadas por ruídos aleatórios, como os ocorrentes em vozes patológicas. Tais efeitos possibilitam que os parâmetros constituintes do filtro de predição apresentem variações ao decorrer do tempo, ocasionando aumento da complexidade na estimação dos coeficientes LPC.

Conforme apresentado em Aguirre (2007), o algoritmo dos Mínimos Quadrados Recursivos (MQR) e o Estimador Recursivo da Variável Instrumental

(ER-VI) mostram-se eficientes na estimação de coeficientes empregados para a modelagem de sinais na presença de ruídos aleatórios. Tal característica aponta-se como um fator atrativo para a modelagem matemática de sinais originados da produção vocal, motivando a investigação do uso destes algoritmos no cálculo de coeficientes LPC a fim de analisar se os mesmos proporcionam modelagens de sinais de vozes saudáveis e patológicas com aspectos fidedignos. Desse modo, os coeficientes estimados podem apresentar um maior potencial discriminativo e, desta forma contribuir significativamente na discriminação entre vozes saudáveis e patológicas usando características extraídas via LPC.

Neste trabalho, é realizada uma análise comparativa entre os algoritmos MQR, ER-VI e o método clássico da autocorrelação, aplicados na determinação dos coeficientes LPC. A avaliação é feita comparando-se a precisão do sinal estimado pelo preditor linear, composto pelos parâmetros LPC calculados pelos diferentes algoritmos e o sinal de voz em análise. Os resultados são mensurados pelo índice estatístico *Root Mean Square Error* (RMSE).

O trabalho está organizado como segue. Na Seção 2 é apresentada a teoria referentes a análise LPC. A Seção 3 são definidas as equações dos estimadores MQR e ER-VI. Os materiais e métodos empregados neste trabalho são apresentados na Seção 4. Na Seção 5 são apresentados os resultados obtidos e, na Seção 6, as considerações finais.

2 | ANÁLISE LPC

A análise LPC fornece um conjunto de parâmetros do filtro que representa o trato vocal. Cada amostra de sinal de voz estimada é resultante de uma combinação linear entre os coeficientes LPC e as amostras passadas, sendo estas denominadas como regressores. O modelo do preditor linear é definido pela Equação 1 (PROAKIS, MONOLAKIS, 2006).

$$\hat{s}(n) = \sum_{k=1}^p \alpha(k)s(n-k), \quad (1)$$

em que $\alpha(k)$ representa os parâmetros do preditor linear, p a ordem do preditor, k o atraso das amostras, e o sinal estimado.

Na literatura são apresentadas diferentes metodologias clássicas para a estimação dos parâmetros LPC. O objetivo das metodologias propostas consiste em minimizar o erro de predição quadrático (E), entre o sinal de voz analisado $s(n)$ e o estimado $\hat{s}(n)$, conforme definido na Equação 2 (PROAKIS, MONOLAKIS, 2006).

$$E = \left[s(n) - \sum_{k=1}^p a(k)s(n-k) \right]^2 \quad (2)$$

No método da autocorrelação, os coeficientes LPC são obtidos efetuando-se a redução do erro por meio da derivada de (E) com relação a $\alpha(k)$, o que resulta em um sistema de p equações p incógnitas. O resultado deste sistema é obtido através da solução da matriz de Toeplitz definida pela Equação 3, em que R_s corresponde aos dados referentes à autocorrelação do sinal analisado (PROAKIS, MONOLAKIS, 2006; FEIFEI, WEIZHANG, 2014).

$$\begin{bmatrix} R_s[1] \\ R_s[2] \\ \dots \\ R_s[p] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s[0] & \dots & R_s[p-1] \\ R_s[1] & \dots & R_s[p-2] \\ \dots & \dots & \dots \\ R_s[p-1] & \dots & R_s[0] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha(1) \\ \alpha(2) \\ \alpha(3) \\ \alpha(k) \end{bmatrix} \quad (3)$$

Nesta pesquisa empregou-se a metodologia proposta em Jackson (1989), na qual faz-se o uso do algoritmo de Levinson-Durbin para solucionar a matriz da Equação 3.

3 I ESTIMADORES RECURSIVOS

Uma vez definida a ordem p do preditor linear, os métodos tradicionais aplicados no cálculo dos coeficientes LPC solucionam o problema numérico de uma única vez. A técnica mostra-se eficaz diante de sinais que apresentam mudanças em seu comportamento dinâmico ao decorrer da série temporal de forma amena (AGUIRRE, 2007). Os algoritmos recursivos estimam seus parâmetros realizando uma análise sequencial dos dados apresentados. Independente da aplicação dada ao estimador, é necessário que ele seja eficaz no rastreamento das mudanças no sinal (COELHO, COELHO, 2015). A estimação do vetor de parâmetros utilizando o algoritmo recursivo MQR é realizada por meio das Equações 4, 5 e 6.

$$K_k = \frac{P_{k-1}\phi_k}{\phi_k^T P_{k-1} \phi_k + 1}, \quad (4)$$

$$\hat{\theta}_k = \hat{\theta}_{k-1} + K_k [y_k - \phi_k^T \hat{\theta}_{k-1}], \quad (5)$$

$$P_k = P_{k-1} - K_k \phi_k^T P_{k-1} \quad (6)$$

com: K_k , a matriz de ganho para o instante k ; $\hat{\theta}_k$ o vetor de parâmetros estimado; P_k a matriz de covariância no instante k ; y_k a amostra do sinal analisado; e ϕ_k^T o conjunto de regressores.

Por sua vez, o algoritmo ER-VI utiliza um conjunto de dados auxiliar denominado variável instrumental Z_k que pode ser formado por ϕ_{k-1}^T (COELHO, COELHO, 2015). O cálculo dos coeficientes do modelo é definido pela Equações

7, 8 e 9.

$$M_k = M_{k-1} - \frac{M_{k-1}Z_k\Phi_k^T M_{k-1}}{1 + Z_k\Phi_k^T M_{k-1}}, \quad (7)$$

$$\hat{\theta}_k = \hat{\theta}_{k-1} + K_k[y(k) - \Phi_k^T \hat{\theta}_k], \quad (8)$$

$$K_k = M_k Z_k \quad (9)$$

sendo a M_k matriz de covariância do algoritmo ER-VI.

4 | MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta Seção é realizada a descrição da base de dados e da metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho.

4.1 Base de dados

Neste trabalho, foram analisados sinais de voz presentes na base de dados desenvolvida pelo *Massachusetts Eye and Ear Infirmary (MEEI) Voice and Speech Lab.*, distribuída comercialmente pela *Kay Pentax (K. ELEMETRICS, 1994)*. Da base, foram selecionados 167 sinais de voz da vogal sustentada /a/, sendo 53 sinais de vozes saudáveis, 52 de sinais vozes afetadas por paralisia nas pregas vocais, 44 de sinais de vozes afetadas por edema de Reinke e 18 sinais de vozes afetadas por nódulo vocal. Os sinais patológicos apresentam frequência de amostragem de 25 kHz, os sinais de vozes saudáveis foram amostrados a uma frequência de 50 kHz.

4.2 Metodologia

Para efeito das análises realizadas neste trabalho, a metodologia está dividida em três etapas, sendo elas pré-processamento, extração de coeficientes LPC e validação dos resultados. Durante o pré-processamento, cada sinal de voz originalmente amostrado em 50kHz foi re-amostrado a uma frequência de 25kHz, para manter o mesmo número de amostras por segmento em todos os sinais. Após este procedimento, cada sinal foi subdividido em 60 quadros de 32ms (segmentos de 800 amostras) com sobreposição de 50%, para efeitos de uma modelagem linear aplicada a trechos estacionários da voz (VIEIRA et al., 2013).

A ordem do filtro de predição, Equação 1, foi determinada com base na regra prática proposta em O'Shaughnessy (2000), na qual determina que a quantidade de parâmetros LPC que compõem o modelo é determinada pelo valor da frequência de amostragem em kHz mais dois a quatro polos. Desse modo, nessa pesquisa são avaliadas a estimação para filtros de ordem 28.

Por fim, a etapa de validação avalia os parâmetros calculados, verificando se os mesmos atingiram valores adequados a fim de proporcionar o melhor ajuste entre curvas. Nesse sentido, foi utilizado o índice estatístico RMSE, Equação 10, para

mensurar a aproximação entre o sinal real e o estimado (AGUIRRE, 2007).

$$RMSE = 1 - \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^N (y_k - \hat{y}_k)^2}}{\sqrt{\sum_{n=1}^N (y_k - \bar{y})^2}} \quad (10)$$

em que y_k é o conjunto de dados para validação, \hat{y}_k o conjunto de dados a ser validado, \bar{y} a média do conjunto de dados para validação.

Todos os procedimentos apresentados foram realizados por meio de rotinas implementadas no ambiente de programação do *software* MATLAB.

5 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta Seção são apresentados os resultados obtidos da investigação do uso dos estimadores recursivos do MQR e da VI, e o método da autocorrelação, aplicados no cálculo de coeficientes LPC para os sinais de voz selecionados da base de dados MEEI. Após a estimação dos valores LPC calcula-se o índice RMSE para cada segmento (RMSE segmental). O RMSE global para cada uma das classes de dados (saudável, paralisia, edema e nódulo) foi determinado pela média e desvio padrão do RMSE segmental de todos os sinais de voz presentes na sua referida classe. Quanto maior e mais próximo de 1 o valor do índice, melhor o desempenho da modelagem.

Com base nos resultados presentes na Tabela 1, para a estimação com MQR obteve-se valores de RMSE global em torno de 0,9 para a classe de sinais de voz saudáveis, edema e nódulo. A classe dos sinais de voz afetados por paralisia apresentou o pior desempenho mensurado pelo índice, mostrando maior complexidade na estimação dos coeficientes LPC para esta patologia. O estimador ER-VI possui desempenho superior ao método da autocorrelação, mas possui uma menor eficiência no cálculo de coeficiente LPC quando comparado ao MQR.

Algoritmo	Saudável	Paralisia	Edema	Nódulo
Autocorrelação	0,9071±0,0684	0,8245±0,0720	0,8856±0,0898	0,8949±0,0831
MQR	0,9253±0,0688	0,8466±0,0687	0,9043±0,090	0,9138±0,0834
ER-VI	0,9138±0,0682	0,8291±0,1056	0,8934±0,9018	0,9028±0,0943

Tabela 1: Resultados da validação pelo índice RMSE global para as diferentes classes.

Fonte: Autoria Própria.

De acordo com Aguirre (2007), o estimador MQR apresenta uma melhor eficiência na estimação de parâmetros para modelagem de sinais cujo a perturbação atuante seja um ruído aleatório do tipo branco. A característica ruidosa em vozes

patológicas é um fator comum encontrado em pacientes, provocando vozes ásperas e com aspectos de rouquidão. Diante dos resultados, a maior eficiência do algoritmo MQR pode indicar que o ruído eminente presentes em vozes alteradas seja do tipo branco, característico por apresentar intensidade constante em diferentes frequências. Por sua vez, o ER-VI possui uma maior eficiência na modelagem de sinais na presença de ruído rosa, em que apresenta densidade espectral de potência inversamente proporcional à frequência do sinal (VIEIRA et al., 2013; COELHO, COELHO, 2015). Para tal, com base na análise realizada, compreende-se que o acréscimo natural de ruídos rosa seja menos evidente nas alterações vocais provocadas pelas patologias avaliadas. Em todas as situações o método clássico da autocorrelação apresenta menor rendimento.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise LPC está relacionada aos coeficientes que compõe o filtro que modela o trato vocal, conforme apresentado na teoria fonte-filtro. Os danos ocorrentes na laringe (fonte) devido os efeitos patológicos provocam alterações na vibração das pregas vocais e, por consequência, geram desordens no sinal sonoro que se propaga pelo trato vocal. Este fenômeno ocasiona uma série de variações que podem ser detectadas através do modelo linear de produção da fala. Por se tratar de uma relação indireta, muitas informações dos efeitos da doença são perdidas devido a dinâmica que envolve a formação da voz. Desta forma, estudar os efeitos de uma patologia laríngea analisando o modelo linear do trato vocal não é uma tarefa trivial.

A principal contribuição deste trabalho é a apresentação de algoritmos estimadores que demonstram melhores resultados no cálculo de coeficientes LPC a fim de modelar o filtro que representa o trato vocal. Foi avaliado qual dos algoritmos estudados apresenta a melhor estimacão de parâmetros LPC, que proporcionam a predição linear mais fidedigna quando comparado ao sinal real. Utilizando-se do índice estatístico RMSE para validação dos resultados obtidos, observou-se que algoritmos de estimacão recursiva apresentam maior versatilidade na determinacão dos coeficientes LPC de sinais de vozes que possuem algum tipo de patologia, além de obter êxito com vozes saudáveis.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal da Paraíba e à Capes pelo apoio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGUIRRE, L. A., **Introdução a identificação de sistemas: técnicas lineares e não lineares aplicadas em sistemas reais**, Editora UFMG, vol. 3, 2007.

ALZAMENDI, G. A., **Modelado estocástico de la fonación y señales biomédicas relacionadas: métodos en espacio de estados aplicados al análisis estructural, al modelado de la fonación y al filtrado inverso**, Tesis Doctoral en Ingeniería, Universidad Nacional del Litoral (Argentina), 2016.

COELHO, A. A. R.; COELHO, L. S., **Identificação de sistemas dinâmicos lineares**, Editora UFSC, vol. 2, 2015.

KEY ELEMETRICS, **Kay Elemetrics Corp. Disordered Voice Database**, 1.03 ed, 1994.

FANT, G., **Acoustic Theory of Speech Production**, Walter de Gruyter, vol. 2, 1970.

FEIFEI, W.; WEIZHANF, X., **A comparison of algorithms for the calculation of LPC coefficients**, International Conference on Information Science, Electronics and Electrical Engineering, vol. 1, 300-302, 2014.

MAGI, C., **Mathematical methods for linear predictive spectral modelling of speech**, PhD thesis, Helsinki University of Technology (Finland), 2009.

O'SHAUGHNESSY, D., **Speech Communications: Human and Machine**, IEEE Press, vol. 2, 2000.

PROAKIS, J. G.; MANOLAKIS, D. G., **Digital Signal Processing: Principles, algorithms and applications**, Pearson, vol. 4, 2006.

RABINER, L. R.; SCHAFER, R. W., **Digital Processing of Speech Signals**. Prentice Hall, Upper Saddle River, vol. 1, 1978.

VIEIRA, V. J. D.; COSTA, S. L. N.; COSTA, C. W. C. A.; ARAÚJO, J. M. F. R., **Avaliação de Desempenho na Classificação de Patologias Laríngeas por Análise LPC de Sinais de Voz e Redes Neurais MLP**, Anais do XIII Congresso Brasileiro de Inteligência Computacional, vol. 1, 2013

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acelerômetro 49, 51, 57, 58, 59, 60, 61

Amostragem de grãos 76, 77, 88, 89

Arduino 49, 50, 51, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 62, 78, 84, 89, 119, 127, 128, 131, 132, 133, 136, 137, 173, 179

Autocorrelação 151, 152, 153, 154, 156, 157

C

Cabos submarinos 33, 34

Codificação por predição linear 151

Computação em névoa 114, 119, 123, 124, 125

Conectividade 16, 24, 26, 33, 34

Controle H^∞ 127

Custo-benefício 171

D

Desempenho computacional 104, 109, 110

Direitos humanos 33, 34

E

Eletrônica 30, 53, 76, 138, 173

Energias renováveis 90, 92, 102

Engenharia de software 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 32

Ensino 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 28, 31, 50, 51, 127

Estimador recursivo da variável instrumental 151

Estroboscopia 171, 172, 182

Estudos de acesso à rede básica 104, 106, 111

F

FANET 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 26, 27

Filtro FIR 159

Filtro IIR 159

G

Games na educação 1

GPS 27, 49, 50, 51, 57, 59, 60, 61, 62

GSM 114, 116, 120, 121, 123, 124, 126

H

Harmônicos 104, 110

I

Identificação de sistemas 158, 159, 163, 169, 170

Interferências de rede 34

Internet 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 53, 119, 120, 125

Inversão de matrizes 104

L

Linux 28, 29, 30, 31, 32

Lógica de controle e segurança 76

M

Máquinas elétricas 171, 172, 182, 183

Medição de velocidade 171

Microgeração fotovoltaica 114, 115, 116, 123, 124

Mínimos quadrados recursivos 151, 152

Modelos ocultos de Markov 90, 102

Monitoramento de dados 114, 125

Multi-VANT 16

N

Neuromodulação 138, 139, 140, 150

P

Previsões de suprimento de energia 90

Programa HarmZs 104

R

RailBee 49

Redes inteligentes 90, 91

Robótica 63, 64, 65, 68, 72, 74, 75, 76, 89

S

SDN 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 27

Séries temporais 151, 170

Servomotor 127, 128, 131, 132, 133, 136

Sistema supervisorio 76, 80, 84, 88

Software educacional 1

T

Telemetria 49, 61

Transformada Wavelet 159, 160, 161, 162, 164

V

Veículo autônomo 63

Z

ZigBee 18, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 59, 61, 62

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

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

3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

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

3