

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/UFPA
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

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

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 05/08/2020

Ad Jefferson Custódio Gomes

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/7544659643429006>

David Lopes Pires

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/6201001380348262>

Hugo Spittel da Gama

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/8895376753768563>

Ítalo Medeiros Pereira

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/3276629953504032>

Luís Ricardo Cândido Cortes

Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/7007542686718562>

Matheus Garcia Soares

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/2820409191055170>

Thiago Cardoso dos Santos

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/8984240519209276>

RESUMO: No cenário atual, sendo os motores de indução trifásicos os equipamentos mais utilizados no setor industrial, faz-se necessário um estudo detalhado a fim de obter as características de desempenho de tais máquinas e determinar a sua viabilidade econômica, eficiência e aptidão em desenvolver um trabalho específico. Existem diversos tipos de procedimentos para determinar os parâmetros de uma máquina, estipulados por normas técnicas internacionais e nacionais, como por exemplo os ensaios de rotor bloqueado e rotor a vazio. O estudo em questão visa, através desses ensaios, determinar os aspectos construtivos de um motor e confeccionar um estroboscópio de baixo custo com o intuito de mensurar a sua velocidade de rotação e por fim o seu torque mecânico. Ao fim, pode-se verificar a velocidade de giro do rotor para tais parâmetros citados, calcular o seu torque e verificar o seu funcionamento.

PALAVRAS-CHAVE: Estroboscopia, Máquinas elétricas, Medição de velocidade, Modelagem da máquina, Relação de custo-benefício.

LOW COST STROBOSCOPE FOR DETERMINING THE PARAMETERS AND TORQUE OF A ROTATING MACHINE

ABSTRACT: In the current scenario, since the induction motors are more demanding of the most used equipment in industry, a more detailed study is required on the performance characteristics of the induction motors and their economic viability, efficiency and workability. Probing types of procedures to determine the parameters of a machine were stipulated by international and

national technical standards, such as the tests of locked rotor and the rotor to be short. The study aims to, through this procedures, to determinate the constructive aspects of a motor and make a low-cost stroboscope in order to measure its speed of rotation, and finally its mechanical torque. At the end, it is possible to verify the rotational speed of the rotor for such parameters, to calculate its torque and to verify its operation.

KEYWORDS: Stroboscopy, Electric Machines, Speed Measurement, Machine Modeling, Cost-effective.

1 | INTRODUÇÃO

A estroboscopia consiste na observação de um fenômeno rápido, iluminando-o por clarões breves de luz emitidos com uma frequência constante e conveniente ao acontecimento medido. Para a observação de um evento com repetição periódica, a certa frequência f_1 , ilumina-se o corpo em que o fenômeno ocorre com uma fonte de iluminação com capacidade de variação da frequência de acionamento, f_2 , emitindo breves clarões de luz (GUEDES, 2002).

Quando $f_1 > f_2$ tal que $f_2 \neq 0$, o evento analisado aparenta ocorrer de maneira mais lenta do que realmente corresponde. Para $f_1 < f_2$ tal que $f_2 \neq 0$, ocorrerá, visualmente, uma alteração no sentido de giro rotativo. Finalmente, quando $f_1 = f_2$, o efeito estroboscópico irá ocorrer e será visto o efeito visual do fenômeno parado.

De acordo com (UMANS, 2014) a conversão eletromecânica de energia ocorre quando surgem alterações no fluxo concatenado, decorrentes do movimento mecânico do rotor da máquina. Nelas, as tensões são geradas nos enrolamentos ou grupo de bobinas quando ocorre o movimento dessas dentro de um campo magnético. Assim, pela Lei de Faraday, o fluxo concatenado em um bobina específica é alterado ciclicamente e uma tensão variável no tempo é gerada.

O fenômeno estroboscópico torna-se muito útil no estudo de máquinas elétricas, pois permite definir, no momento da sincronização, o valor da velocidade de rotação de um motor. As informações referentes aos parâmetros da máquina podem ser obtidas executando uma série de testes ou ensaios no motor de indução. Esses testes são semelhantes aos ensaios de curto-circuito e a vazio de um transformador. Os ensaios devem ser executados sob condições precisamente controladas, porque as resistências variam com a temperatura e a resistência do rotor também varia com a frequência do rotor (CHAPMAN, 2013).

Nesse cenário, os objetivos que regem esse trabalho são a construção de um estroboscópio de baixo custo, a determinação da velocidade de giro do rotor de uma máquina de indução com o uso do estroboscópio, a determinação da potência mecânica do motor, a partir do circuito equivalente e por fim, estipular a potência mecânica do mesmo. Além disso, as normas que estabelecem a sequência a ser seguida para a correta execução de cada ensaio são descritas pela Norma 112 do

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A plataforma de prototipagem eletrônica Arduino é um software que permite o controle e automação de projetos eletroeletrônicos através da comunicação com um Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) de fácil acesso e com uma linguagem acessível a todos os níveis. Nessa conjuntura, optou-se pela utilização de um micro controlador baseado no Arduino UNO para a construção do estroboscópio. Este teve a sua estrutura principal formada por um cano PVC no qual foi acoplado em sua extremidade um Diodo Emissor de Luz (LED) de alta potência (12 V).

Com o intuito de definir a magnitude da frequência em análise é preciso variar o seu valor numérico através do giro de um potenciômetro dentro de um intervalo pré-estabelecido. Este estará acoplado à porta analógica da placa de controle a qual irá verificar o valor desejado para o piscar do LED e esta mandará um pulso elétrico a um transistor (modelo 2N3904) que se encontra em série com uma fonte de 12 V e com o LED, funcionando como chave. Todos os componentes auxiliares ao controle estão fixados em uma placa de fenolite produzidas com base nos circuitos impressos.

Para a execução dos testes laboratoriais foi utilizado um motor de indução trifásico de 1,5 HP da WEG, além de um modulo de autotransformador e uma bancada didática – BDMW da WEG para a ligação trifásica.

O funcionamento do micro controlador baseado em Arduino UNO é descrito no conjunto de instruções gravadas no mesmo. Tal algoritmo possibilita a interpretação da resistência lida no potenciômetro, para um dado número de rotações por minuto, como a frequência em que o LED de alta potência deve acender.

Primeiramente a função “map” faz a conversão entre os valores analógicos lidos no potenciômetro, de 0 a 1023, e a faixa de velocidade que o LED deve ser acionado, de 100 a 3600 rotações por minuto. A partir disso, o LED é aceso e apagado com simples comandos “HIGH” e “LOW”, enquanto o tempo em que permanece em cada estado varia de acordo com o número de rotações por minuto, que é proveniente do potenciômetro, o código completo é apresentado no ANEXO I.

Para além do software utilizado, para que se possa determinar o torque do motor de teste em laboratório, é necessária a caracterização do circuito equivalente deste, Figura 1, a partir dos ensaios de rotor bloqueado e a vazio.

Na técnica de ensaio a vazio, o estator do motor é alimentado com tensões trifásicas, sem a contribuição do rotor, a fim de se estabelecer preceitos relacionados ao estator e ao ramo magnetizante. Portanto, o primeiro ensaio fornece informações em relação a corrente de excitação e as perdas a vazio. Com esses dados obtêm-

se a resistência dos enrolamentos do estator (R_1) e sua reatância (X_1), assim como a reatância do ramo magnetizante (X_m). A resistência do núcleo da máquina é desprezada.

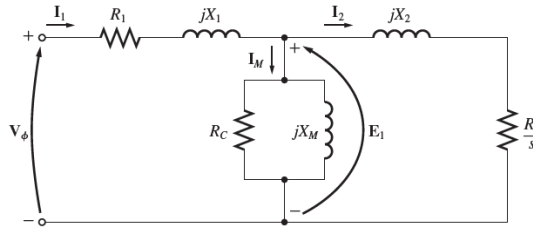


Figura 1 - Circuito equivalente do motor de indução trifásico.

Fonte: acervo dos autores.

O ensaio de rotor bloqueado acontece sem o rotor, sendo este instalado de maneira que a força sobre ele o direciona para baixo, bloqueando seu movimento. O objetivo deste procedimento é medir os termos do estator e do rotor, sem contribuição do ramo magnetizante. Após as medições deste ensaio, juntamente com os dados de ensaio a vazio, obtêm-se a resistência dos enrolamentos do rotor (R_2) e sua reatância (X_2).

Preço Unitário do equipamento	R\$ 1960,00
Preço total	R\$ 109760,00
Custo unitário com M. O. para instalação	R\$ 80,00
Custo total de M. O. para instalação	R\$ 4480,00
Tempo médio de utilização (dia)	12 horas
Tempo médio de utilização (ano)	4380 horas
Potência unitária	150 W
Potência total	8,4 kW
Consumo total (anual)	36792 kWh
Redução do consumo (anual)	30660 kWh
Tarifa média de energia	0,234 R\$/kWh
Economia	7185,83 R\$/ano

Tabela 2 - Diagrama do processo para implementação do Procel Reluz.

3 | RESULTADOS

A. Ensaio

No primeiro ensaio, a vazio, utilizou-se ligação em delta na máquina a partir da ligação das tensões trifásicas aos terminais do estator, e mediu-se através de um alicate amperímetro os parâmetros correspondentes a correntes e tensões de linha. Os resultados estão contidos nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Fase	Correntes [A]
U	2,77
V	2,85
W	2,86

Tabela 1 - Correntes de linha do ensaio a vazio.

Fonte: acervo dos autores.

Fases	Tensões [V]
U – V	224,3
V – W	224,7
W – U	224,5

Tabela 2 - Tensões de linha do ensaio a vazio.

Fonte: acervo dos autores.

Também, mediu-se as potências de entrada ativa, reativa e aparente para cada linha, bem como o fator de potência, também utilizando o mesmo equipamento, como representado pela Tabela 3. Neste ensaio a potência está sendo fornecida apenas para suprir as perdas do cobre nos enrolamentos.

Fases	Potência Ativa [W]	Potência Reativa [VA]	Potência Aparente [VAR]	FP
U-V	269,0	565,0	620,0	0,42
V-W	260,0	600,0	655,5	0,39
W-U	288,0	577,6	645,0	0,44

Tabela 3 - Potências e Fator de Potência no ensaio a vazio.

Fonte: acervo dos autores.

Já no ensaio com rotor bloqueado, estabeleceu-se o objetivo de interromper manualmente o rotor da máquina. Para isto, ligou-se a máquina em estrela, haja vista que neste tipo de ligação a corrente requerida é menor. Ainda, com o objetivo de diminuir ainda mais a corrente, ligou-se a tensão a partir dos terminais de um autotrafo, com estratégia de diminuir a tensão fornecida pela rede.

Nesse cenário, optou-se pela tensão de 35% da nominal (tensão entre 100% e 65% do autotrafo), de modo que a corrente medida com o rotor bloqueado foi de 2,53 A, sendo a nominal de 2,56 A. Após isso, mediu-se através de um alicate amperímetro os parâmetros correspondentes a tensões e correntes de linha. Os

resultados estão contidos nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Por fim, mediu-se também os parâmetros correspondentes a potências úteis de entrada e o fator de potência (FP) para cada fase, como mostra a Tabela 6.

Fase	Correntes [A]
U	2,77
V	2,85
W	2,86

Tabela 4 - Correntes de linha do ensaio de rotor bloqueado.

Fonte: acervo dos autores.

Fases	Tensões [V]
U – V	224,3
V – W	224,7
W – U	224,5

Tabela 5 - Tensões de linha do ensaio de rotor bloqueado.

Fonte: acervo dos autores.

Fases	Potência Ativa (W)	FP
U-V	67,8	0,60
V-W	65,1	0,68
W-U	78,8	0,73

Tabela 6 - Potência ativa e FP no ensaio com rotor bloqueado.

Fonte: acervo dos autores.

B. Equacionamento para a determinação do circuito equivalente

Após a realização dos ensaios, pode-se utilizar as medidas encontradas para, através de equações relacionadas com a modelagem do motor de indução trifásico encontradas em (UMANS, 2014), identificar os valores correspondentes aos parâmetros da máquina. Estabeleceu-se um padrão da utilização de uma média dos valores conhecidos encontrados para correntes, tensões e potências, já que as equações levam em conta as três fases do motor.

Primeiramente, os valores correspondentes às resistências de cobre do estator da máquina (R_1) foram encontrados a partir da utilização de um ohmímetro e estão representados na Tabela 7.

Bobinas	Resistência [Ω]
R	6
S	6
T	6

Tabela 7 - Resistências das bobinas do estator.

Fonte: acervo dos autores.

Feito isso, a partir dos valores encontrados no primeiro ensaio, pode-se definir grandezas como potência de perdas rotacionais, potência aparente de entrada a vazio, potência reativa de entrada a vazio e reatância a vazio, a partir das Equações 1,2,3 e 4, respectivamente. Vale ressaltar que este último parâmetro está relacionado com o ramo de reatâncias considerado o rotor como um circuito aberto.

$$P_{rot} = P_{vaz} - n.R_1.I_{1vaz}^2 \quad (1)$$

$$S_{vaz} = 3(I_{1vaz}^2 \cdot V_{1vaz}) \quad (2)$$

$$Q_{vaz} = \sqrt{S_{vaz}^2 - P_{vaz}^2} \quad (3)$$

$$X_{vaz} = \frac{Q_{vaz}}{n.I_{1vaz}^2} = X_1 + X_m \quad (4)$$

Onde:

- P_{rot} - Potência de perdas rotacionais.
- P_{vaz} - Potência útil a vazio.
- n - Velocidade mecânica do rotor.
- R_1 - Resistência equivalente do estator.
- I_{1vaz}^2 - Corrente a vazio.
- S_{vaz} - Potência aparente a vazio.
- V_{1vaz} - Tensão do estator a vazio.
- Q_{vaz} - Potência aparente a vazio.
- X_{vaz} - Reatância a vazio.
- X_1 - Reatância equivalente do estator.
- X_m - Reatância de magnetização.

De forma parecida, para o segundo ensaio, pode-se definir grandezas como potência aparente de rotor bloqueado, potência trifásica reativa de rotor bloqueado, reatância e resistência de rotor bloqueado; dados pelas Equações 5,6,7 e 8 respectivamente. Ao encontrar o último parâmetro citado, pode-se aplicar a Equação 09 para definir “ R_2 ”.

$$S_{bl} = n.V_{bl1} \cdot I_{bl1} \quad (5)$$

$$Q_{bl} = \sqrt{S_{bl}^2 - P_{bl}^2} \quad (6)$$

$$X_{bl} = \frac{Q_{bl}}{n.I_{bl1}^2} = X_1 + X_2 \quad (7)$$

$$R_{bl} = \frac{P_{bl}}{n.I_{bl1}^2} \quad (8)$$

$$R_2 = (R_{bl} - R_1) \cdot \left(\frac{X_2}{X_2 + X_m} \right)^2 \quad (9)$$

Onde:

- S_{bl} - Potência aparente de rotor bloqueado.

n	-	Velocidade mecânica do rotor
V_{bl1}	-	Tensão no estator de rotor bloqueado.
I_{bl1}	-	Corrente de rotor bloqueado.
Q_{bl}	-	Potência reativa de rotor bloqueado.
P_{bl}	-	Potência útil de rotor bloqueado.
X_{bl}	-	Reatância de rotor bloqueado.
X_1	-	Reatância equivalente do estator.
X_2	-	Reatância equivalente do rotor.
R_{bl}	-	Reatância de rotor bloqueado.
R_1	-	Resistência equivalente do estator.
R_2	-	Resistência equivalente do rotor.
X_m	-	Reatância de magnetização.

A partir desse momento é possível estabelecer uma relação entre os ensaios realizados, através de um sistema de equações, para que se possam definir os valores das incógnitas restantes. Primeiramente, para se determinar a relação entre “ X_1 ” e “ X_2 ” é necessário saber a classificação do motor. Neste caso, o motor é da classe N, definido por (IEEE, 1996) e (ABNT, 2002).

Para este caso, define-se uma constante $k=0,68$ e três outros parâmetros “a”, “b” e “c”. Por fim, é possível encontrar duas raízes que relacionam esses termos, sendo elas dadas pelas Equações 10 e 11. A raiz que apresenta valor menor que o parâmetro “ X_{vz} ” é o valor corresponde a “ X_2 ”, e $X_1 = k \cdot X_2$.

$$a = k^2; \quad b = X_{bl} \cdot (1 - k) - X_{vz} \cdot (1 + k); \quad c = X_{vz} \cdot X_{bl}.$$

$$r_1 = \left(\frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \right) \quad (10)$$

$$r_2 = \left(\frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \right) \quad (11)$$

Assim, é possível representar a Figura 2 correspondente ao circuito equivalente do motor de indução com os valores numéricos encontrados a partir do sistema de equações gerado.

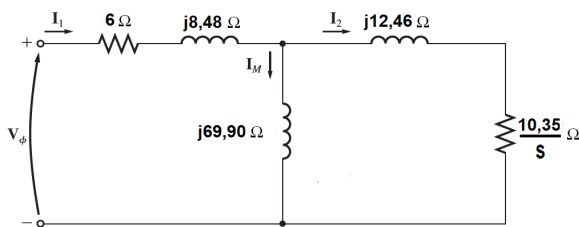


Figura 2 - Representação final do circuito equivalente.

Fonte: acervo dos autores.

C. Determinação do Torque da Máquina

Através do uso do estroboscópio para mensurar a velocidade de giro da máquina e do circuito equivalente para que se possa encontrar a potência mecânica fornecida, faz-se possível obter o valor do torque do motor operando a vazio, neste caso. Com o uso de um aparelho osciloscópio capturou-se o formato de onda referente aos pulsos lidos pelo Arduino, que medem continuamente a saída de frequência associada a leitura do estroboscópio, neste caso, de 29,91hz, como mostra a Figura 3.

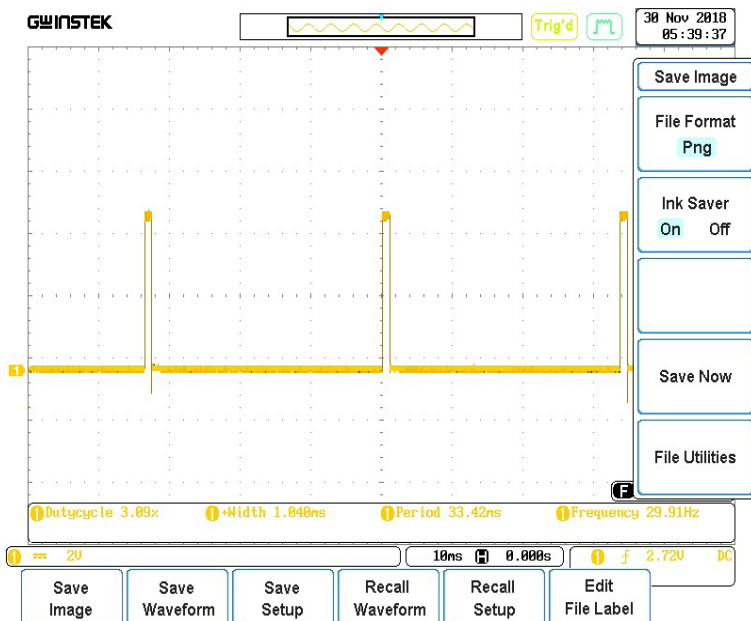


Figura 3 - Pulsos equivalentes a uma rotação de 1795 rpm de uma máquina.

Fonte: acervo dos autores.

A partir de uma análise dimensional pode-se utilizar as Equações 12 e 13 para se calcular a velocidade de giro e o escorregamento, respectivamente. Já a potência mecânica é dada pela Equação 14, sendo o parâmetro “ I_{rotor} ” calculado a partir do valor medido de corrente a vazio, através de um divisor de corrente entre os ramos magnetizante e do rotor.

$$W_r = f \times 6 \quad (12)$$

$$s = \frac{w - w_r}{w} \quad (13)$$

$$P_{mec} = n_{fases} \times I_{rotor}^2 \times R_2 \left(\frac{1-s}{s} \right) \quad (14)$$

Onde:

- W_r - Velocidade de giro do rotor.
- f - Frequência da rede.
- s - Escorregamento.
- w - Velocidade relacionada à frequência da rede

Por fim, torque da máquina é dado pela Equação 15.

Encontrou-se **$T=0,368N/m$** .

$$T = \frac{1}{w_s} \left[\frac{n_{fases} \times V_{1eq}^2 \times \frac{R_2}{s}}{R_{1eq} + \left(\frac{R_2}{s} \right)^2 + (X_{1eq} + X_2)^2} \right] \quad (15)$$

Onde:

- T - Torque mecânico.
- R_{1eq} - Resistência equivalente do estator.
- X_{1eq} - Reatância equivalente do estator.
- V_{1eq} - Tensão equivalente vista pelo estator.

Os parâmetros de impedância equivalente do estator e tensão equivalente do estator são definidos através das Equações 16 e 17, as quais já apresentam parâmetros conhecidos de equações anteriores.

$$V_{1eq} = V_{vaz} \times \left(\frac{jX_m}{R_1 + j(X_1 + X_m)} \right) \quad (16)$$

$$Z_{1eq} = \frac{jX_m (R_1 + jX_1)}{R_1 + j(X_1 + X_m)} \quad (17)$$

4 | DISCUSSÕES

A verificação do desempenho, determinação de torque, depende da avaliação das características elétricas de uma máquina de indução. Desse modo, necessitou-se da realização dos ensaios, já citados, para obtenção do circuito equivalente final da máquina e sucessivamente a potência mecânica e o torque da máquina.

Os ensaios a vazio e com o rotor bloqueado, permitem a montagem do circuito equivalente da máquina de indução. O ensaio a vazio teve o objetivo de determinar as perdas rotacionais do motor assim como informações sobre sua corrente de magnetização. O ensaio tem como carga as perdas por atrito e a ventilação do motor, assim o escorregamento do motor é muito pequeno. Nessas condições, a potência consumida pelo motor está suprindo as perdas Joule no estator, as perdas no ferro e as perdas rotacionais. As correntes, tensões e potências obtidas a partir desse ensaio foram comparadas nas questões teóricas abordadas em (CHAPMAN, 2013) e (DEL TORO, 1994).

Já o ensaio com o rotor bloqueado é realizado para determinar a impedância de dispersão. A literatura afirma que para a realização desse é necessária uma tensão reduzida que dever ser de 20% a 40% da tensão nominal, que foi respeitada (CHAPMAN, 2013). O baixo valor da tensão é justificado, pois como o rotor está travado, a velocidade do fluxo magnético vista do rotor é igual à velocidade deste vista do estator, portanto, as forças eletromotrizes efetivas do rotor e estator são iguais, ou seja, escorregamento igual a 1, o que caracteriza uma impedância de entrada muito baixa.

Retendo o motor, as perdas por atrito e ventilação são nulas, assim como as perdas no ramo magnetizante. Logo a potência de entrada estará suprindo as perdas Joule nos enrolamentos do estator e do rotor. Dessa forma o circuito equivalente estará em série permitindo determinar a impedância de dispersão.

Para estabelecer a velocidade de giro do rotor da máquina de indução o estroboscópio é crucial, e a partir disso a necessidade a confecção do mesmo. Esse, apesar de ser dotado de erros diversos, apresenta uma boa precisão de leitura visto que o seu erro relativo sempre esteve abaixo de 0,5% em uma faixa de operação de 100Hz a 3600 Hz. A Tabela 8 mostra as velocidades reais e as medidas com os receptivos erros de cada medição, já da Figura 4 podemos observar que a curva real é praticamente a mesma da curva do protótipo, portanto, validando o modelo do experimento.

Velocidade Real [rpm]	Velocidade Medida [rpm]	Erro Relativo [%]
0	0	0,00
800	797	0,37
1113	1110	0,27
1234	1236	0,16
1715	1708	0,41
1800	1796	0,22

Tabela 8 - Aferições realizadas com o osciloscópio.

Fonte: acervo dos autores.

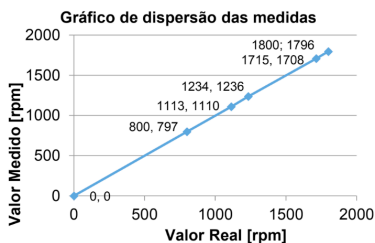


Figura 4 - Dispersão entre valores reais e medidos.

Fonte: acervo dos autores.

5 | CONCLUSÕES

Após toda a análise criteriosa realizada embasada em uma metodologia, foi possível, com os ensaios na máquina, equacionamentos adotados e da construção do estroboscópio, determinar o torque do motor analisado. Os resultados desse estudo permitiram concluir que os ensaios foram realizados a rigor já que a resposta final é condizente com o esperado para o motor operando abaixo da sua faixa de operação nominal.

Além disso, a confecção do estroboscópio foi precisa, visto que os erros relativos entre velocidade real e velocidade medida pelo aparelho foram pequenos (menores que 0,5%), bem como a dispersão entre os mesmos. Portanto, a construção deste protótipo, feito com baixo custo e alta eficiência se mostrou extremamente proficiente, se comparamos com o desempenho de outros instrumentos que poderiam também suprir os objetivos deste trabalho, como torquímetro e tacômetro.

A maior vantagem da elaboração do estroboscópio para se medir a velocidade do rotor de uma máquina é a facilidade na programação do micro controlador e seu custo. Em suma, trata-se de uma construção não robusta e simples, que pode ser aproveitada, para fins didáticos, por exemplo, em detrimento de equipamentos mais complexos e com maior valor de mercado.

REFERÊNCIAS

ABNT, N. 5383-1. Máquinas elétricas girantes-Parte 1: Motores de Indução Trifásicos-Ensaio. **Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2002.**

CHAPMAN, S. J. **Fundamentos de máquinas elétricas.** AMGH Editora, 2013. 8580552079.

DEL TORO, V. **Fundamentos de máquinas elétricas.** Prentice-Hall do Brasil, 1994. 8570540531.

GUEDES, M. V. **Laboratório de Máquinas Elétricas-Estroboscopia.** Porto: FEUP, 2002.

IEEE. **IEEE Standard Test Procedure for Polyphase Induction Motors and Generators -112.** 1996.

UMANS, S. D. **Máquinas Elétricas de Fitzgerald e Kingsley-7.** AMGH Editora, 2014. 8580553741.

SOBRE A ORGANIZADORA

LILIAN COELHO DE FREITAS - Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA). Possui graduação em Engenharia da Computação pela Universidade Federal do Pará (2007) e mestrado em Computação Aplicada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE) da UFPA, obtido em 2009. Em 2008, realizou estágio de mestrado no Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC/Porto - Portugal). Atuou como pesquisadora membro do Laboratório de Eletromagnetismo Aplicado (LEA/UFPA) de 2004 a 2014 e do Laboratório de Sensores e Sistemas Embarcados (LASSE/UFPA) de 2008 a 2012. Atuou como Pesquisadora Visitante no *Georgia Institute of Technology* (Atlanta, Georgia, Estados Unidos), no período de Março/2012 a Fev/2013. Tem mais de 50 trabalhos publicados, envolvendo publicações em livros, revistas e eventos científicos. Atualmente, é doutoranda do PPGEE/UFPA. Seus interesses de pesquisa são: telecomunicações (comunicações sem fio, rádio cognitivo) e *machine learning*.

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