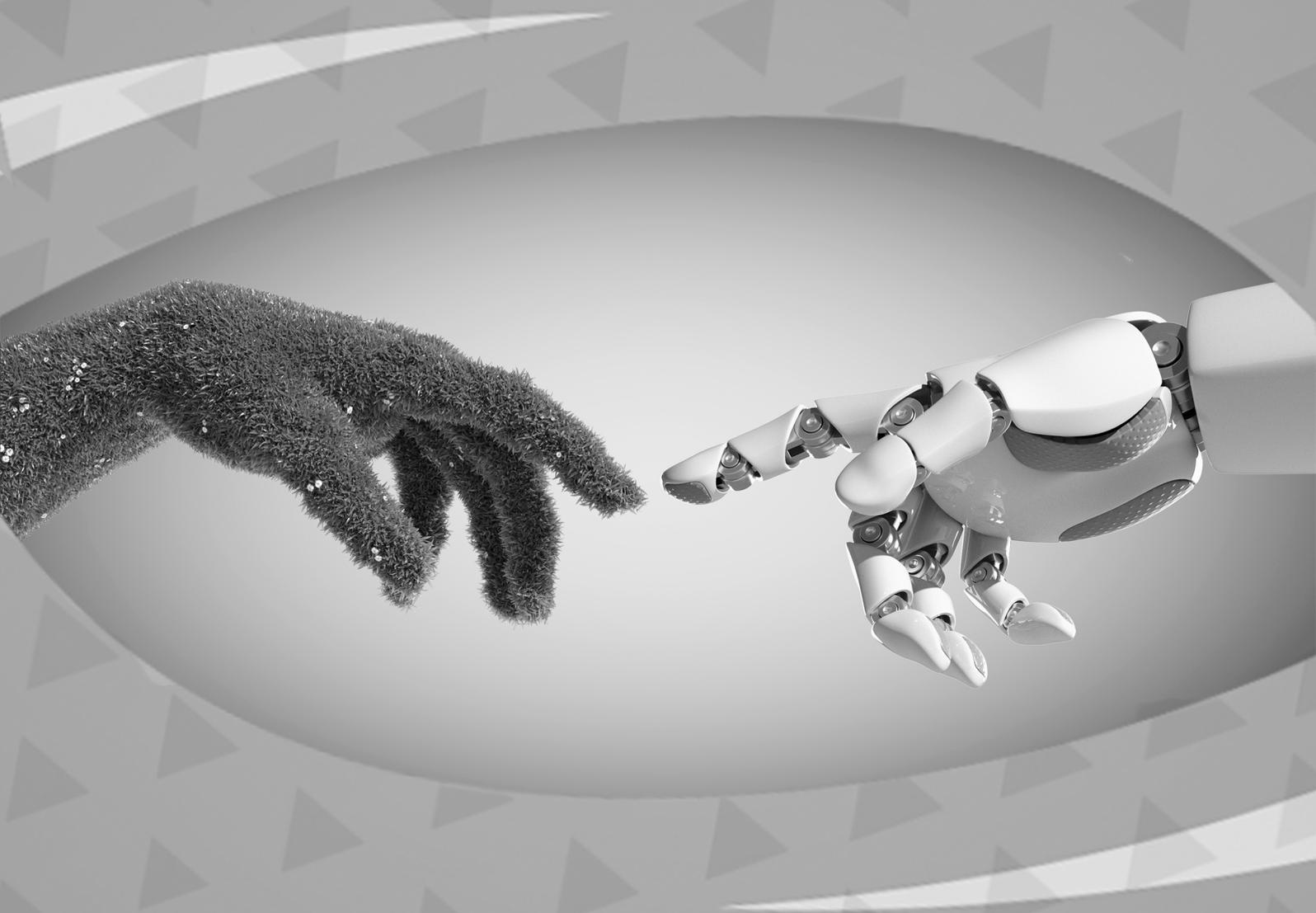


**Franciele Braga Machado Tullio
Leonardo Tullio
(Organizadores)**



As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 5

**Franciele Braga Machado Tullio
Leonardo Tullio
(Organizadores)**



As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 5

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Lorena Prestes

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

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. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

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 – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

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
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. 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
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
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
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 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
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
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

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. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a 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
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a 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
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
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^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
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 Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 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. Lilian 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. Me. 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. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	<p>As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 5 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Leonardo Tullio. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-087-2 DOI 10.22533/at.ed.872200806</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Tullio, Leonardo.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 5” contempla vinte e um capítulos em que os autores abordam as mais recentes pesquisas e inovações aplicadas nas mais diversas áreas da engenharia.

Pesquisas na área de engenharia elétrica trazem informações sobre transmissão, geração de energia, bem como, pesquisas visando a sustentabilidade e eficiência energética.

São apresentados trabalhos referentes a robótica, demonstrando estudos sobre ferramentas que visam a construção de equipamentos que auxiliam as pessoas a executar determinadas atividades de forma autônoma.

O estudo sobre materiais e seu comportamento auxiliam na compreensão sobre suas propriedades, o que permite a utilização em diversas áreas.

Estudos sobre urbanização, influência do vento na estrutura de edificações, conforto térmico e saneamento também são objetos desta obra.

Esperamos que esta obra promova ao leitor o desejo de desenvolver ainda mais pesquisas, auxiliando na constante transformação tecnológica que a sociedade vem sofrendo, visando a melhoria da qualidade do meio ambiente e economia. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio
Leonardo Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A EXPERIENCIA DA CHESF NA REPOTENCIAÇÃO DAS UNIDADES GERADORAS DA HIDRELÉTRICA PAULO AFONSO II	
Emmanuel Moura Reis Santos Edson Guedes da Costa Luiz Antônio Magnata	
DOI 10.22533/at.ed.8722008061	
CAPÍTULO 2	11
AVALIAÇÃO DO MODELO DE EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ADOTADO NO BRASIL DESAFIOS E OPORTUNIDADES DE APRIMORAMENTO	
João Carlos de Oliveira Mello Evelina Maria de Almeida Neves Dalton Oliveira Camponês do Brasil Eduardo Nery Thais Prandini	
DOI 10.22533/at.ed.8722008062	
CAPÍTULO 3	23
MEDIÇÕES DE CAMPO ELÉTRICO EM INSTALAÇÕES DE CORRENTE CONTÍNUA – DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE MEDIÇÃO PARA ATENDIMENTO AOS LIMITES DEFINIDOS PELA ANEEL	
Athanasio Mpalantinos Neto Carlos Ruy Nunez Barbosa Luís Adriano de Melo Cabral Domingues Paulo Roberto Gonçalves de Oliveira Rafael Monteiro da Cruz Silva Júlio César A. de Aguiar	
DOI 10.22533/at.ed.8722008063	
CAPÍTULO 4	35
AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO NO VIÉS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DOS PLANOS ENERGÉTICOS REFERENCIAIS DO SETOR ELÉTRICO DAS NAÇÕES	
Flavio Minoru Maruyama Andre Luiz Veiga Gimenes Luiz Claudio Ribeiro Galvão Miguel Edgar Morales Udaeta	
DOI 10.22533/at.ed.8722008064	
CAPÍTULO 5	49
CONSTRUÇÃO DE TURBINA DE TESLA E VALIDAÇÃO DE MODELO TEÓRICO	
Lucas Vinicius Capistrano de Souza Leonardo Haerter dos Santos Jader Flores Schmidt Moises da Silva Pereira Agnaldo Rosso	
DOI 10.22533/at.ed.8722008065	

CAPÍTULO 6 64

DIMINUIÇÃO DOS CUSTOS DE MANUTENÇÃO COM A SUBSTITUIÇÃO DE BATERIAS POR SUPERCAPACITORES

Lourival Lippmann Junior
Rafael Wagner
Carlos Ademar Purim
Francisco José Rocha de Santana

DOI 10.22533/at.ed.8722008066

CAPÍTULO 7 75

O FUTURO DAS TÉRMICAS NA MATRIZ BRASILEIRA – PRÁTICAS E FUNDAMENTOS

João Carlos de Oliveira Mello
Thaís Melega Prandini
Marcelo Ajzen
Xisto Viera Filho
Edmundo Pochman da Silva

DOI 10.22533/at.ed.8722008067

CAPÍTULO 8 88

UMA VISÃO DE MERCADO NA GESTÃO DE RISCOS DE CONSUMIDORES ELETROINTENSIVOS - MELHORES PRÁTICAS

João Carlos de Oliveira Mello
Camila Câmara Lourenço
Rodrigo Viana
Rogério Catarinacho
Nicolas Jardin Jr

DOI 10.22533/at.ed.8722008068

CAPÍTULO 9 101

CONTROLE SIMPLES E ROBUSTO PARA MANIPULADORES ROBÓTICOS ATRAVÉS DO MOVEIT

Kaike Wesley Reis
Rebeca Tourinho Lima
Marco Antonio dos Reis

DOI 10.22533/at.ed.8722008069

CAPÍTULO 10 109

DOOGIE MOUSE: UMA PLATAFORMA OPEN SOURCE PARA APLICAÇÃO DE ALGORITMOS INICIAIS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM ROBÓTICA MÓVEL

Caio Alves Amaral
Mateus dos Santos Meneses
Marco Antonio dos Reis

DOI 10.22533/at.ed.87220080610

CAPÍTULO 11 118

SEISMIC IMAGING USING FPGA APPLIED FOR REVERSE TIME MIGRATION

Joaquim Ranyere Santana de Oliveira
João Carlos Nunes Bittencourt
Deusdete Miranda Matos Junior
Anderson Amorim do Nascimento
Laue Rami Souza Costa de Jesus
Georgina Gonzalez Rojas
Rodrigo Carvalho Tutu
Wagner Luiz Alves de Oliveira
Silvano Moreira Junior

DOI 10.22533/at.ed.87220080611

CAPÍTULO 12 127

LOCALIZAÇÃO DE ROBÔS MÓVEIS EM AMBIENTE INTERNOS USANDO MARCOS FIDUCIAIS

Gabriel da Silva Santos
Etevaldo Andrade Cardoso Neto
Marco Antonio dos Reis

DOI 10.22533/at.ed.87220080612

CAPÍTULO 13 136

AVALIAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE AMIDO COMO ADITIVO A LUBRIFICANTES

Matheus Gonçalves Leão de Oliveira
Pollyana Grazielle Luz da Rocha
Paulo Vitor França Lemos
Denilson de Jesus Assis
Adelson Ribeiro de Almeida Júnior
Jania Betânia Alves da Silva

DOI 10.22533/at.ed.87220080613

CAPÍTULO 14 146

UTILIZAÇÃO DE COATINGS DE QUITOSANA NA CONSERVAÇÃO DE TOMATES (*Solanum lycopersicum*)

Luciano Pighinelli
Anderson Rockenbach
Pamela Persson
Renata Cardoso Pospichil

DOI 10.22533/at.ed.87220080614

CAPÍTULO 15 156

ANÁLISE METALOGRÁFICA DA MICROESTRUTURA E MICRODUREZA DO AÇO AISI 1050 USADO NA HASTE DE DIREÇÃO DE UMA MÁQUINA AGRÍCOLA DA SÉRIE 8R

Vagner dos Anjos Costa
Fábio Santos de Oliveira
Sílvio Leonardo Valença
Gabriela Oliveira Valença
Paulo Henrique de Souza Viana
João Vítor Chaves Cordeiro

DOI 10.22533/at.ed.87220080615

CAPÍTULO 16	165
EFICIÊNCIA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM UMA INDÚSTRIA DE GALVANOPLASTIA NA CIDADE DE JUAZEIRO DO NORTE-CE	
Petronio Silva de Oliveira José Laécio de Moraes Francisco Evanildo Simão da Silva Francisco Thiciano Rodrigues de Assis Edyeleen Mascarenhas de Lima Anderson Lima dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.87220080616	
CAPÍTULO 17	176
ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO LUCAIA, SALVADOR-BA	
José Orlando Oliveira Moura Júnior Nicole Caroline B. Santos Xavier Thayna Santana de Lima Alexandre Boleira Lopo	
DOI 10.22533/at.ed.87220080617	
CAPÍTULO 18	182
QUALIDADES DO URBANO	
Franklin Soldati	
DOI 10.22533/at.ed.87220080618	
CAPÍTULO 19	199
ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DE CONFORTO TÉRMICO E DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM UNIDADE DE SAÚDE	
Gabriela Regina Rosa Galiassi Ana Clara Alves Justi Gabriel Henrique Justi Maribel Valverde Ramirez	
DOI 10.22533/at.ed.87220080619	
CAPÍTULO 20	215
ANÁLISE DE VIBRAÇÕES INDUZIDAS PELO VENTO EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS	
Neilton dos Santos Seguins Costa Vilson Souza Pereira Dalmo Inácio Galdez Costa Paulo César de Oliveira Queiroz	
DOI 10.22533/at.ed.87220080620	
CAPÍTULO 21	226
TRANSPORTE DE CROMO (CR ⁺³) E NÍQUEL (NI ⁺²) EM CAMADA DE SOLO COMPACTADA	
Leonardo Ramos da Silveira Newton Moreira de Souza André Luis Brasil Cavalcante	
DOI 10.22533/at.ed.87220080621	
SOBRE OS ORGANIZADORES	241
ÍNDICE REMISSIVO	242

LOCALIZAÇÃO DE ROBÔS MÓVEIS EM AMBIENTE INTERNOS USANDO MARCOS FIDUCIAIS

Data de aceite: 02/06/2020

Data de submissão: 05/02/2020

Gabriel da Silva Santos

Centro Universitário Senai Cimatec - Robótica
Salvador – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/4689255973901826>

Etevaldo Andrade Cardoso Neto

Centro Universitário Senai Cimatec - Robótica
Salvador – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/4301084474127511>

Marco Antonio dos Reis

Centro Universitário Senai Cimatec - Robótica
Salvador – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/5861154602467728>

RESUMO: O trabalho teve por objetivo utilizar marcos fiduciais para localizar um robô em ambientes internos utilizando simulação como ferramenta de testes. Foi desenvolvido um ambiente com marcos fiduciais espalhados para o robô identificar e poder recalcular a sua posição comparado com o referencial dos sensores de odometria. Foi possível observar que este método aplicado para ambientes internos tem um baixo custo computacional, causado pela facilidade de leitura dos marcos, e uma alta precisão na localização do robô em

comparação com outros métodos.

PALAVRAS-CHAVE: Localização; Marcos fiduciais; Simulação;

INDOOR LOCALIZATION FOR MOBILE ROBOTS USING FIDUCIAL MARKERS

ABSTRACT: The work aimed to use fiducial markers to locate a robot indoors using a simulation environment as a testing tool. An environment with scattered fiducial markers was developed for the robot to identify and be able to recalculate its position with the odometer sensors reference frame. It was observed that this method applied for indoor environments has a low computational cost, caused for the readability of the landmarks, and a high accuracy in robot localization compared to other methods.

KEYWORDS: Localization; Fiducial markers; Simulation;

1 | INTRODUÇÃO

Com o advento de técnicas mais aprimoradas, sensores mais precisos e maior poder de processamento os robôs móveis tem tido um aumento de possíveis aplicações nas quais eles podem ser utilizados. Para tal eles precisam realizar

atividades que incluem movimentação e tomada de decisão, mas para isso eles precisam de informações dos seus sensores que permitam a eles uma noção precisa de onde eles estão para poderem iniciar as suas atividades com precisão e por isso a localização é um elemento vital para o desenvolvimento da robótica móvel.

1.1 Localização e sensores

Localização é o lugar em que algo se encontra e o ato ou efeito de localizar. Dentro da robótica móvel a localização é uma informação indispensável, pois indica ao robô em que parte do ambiente ele está e a partir disso ele pode tomar as decisões cabíveis a cada situação.

Por se tratar de uma informação primordial para os processos foram desenvolvidas diversas técnicas de localização como Filtro de Bayes, Método de Markov, Filtros Gaussianos, Filtros de Partículas[9]. Para que cada um desses métodos possam ser aplicados é necessário extrair as informações do ambiente através de sensores que podem ser encoders, IMUs (Inertial measurement unit), GPS (Global Positioning System), LIDAR (Light Detection And Ranging) e câmeras[6].

Cada sensor extrai tipos distintos de informações, mas todos com o objetivo de fornecer conhecimento sobre o ambiente em que o robô se encontra. No caso de encoders e IMUs a informação que o robô recebe é referente a sua variação dentro do ambiente, onde a IMU entrega os valores de aceleração angular [1] e o encoder o quanto o robô movimentou-se em relação ao ponto inicial. O LIDAR é um sensor óptico que mede as propriedades da luz refletida a fim de obter a distância ou outras informações de um objeto distante [10]. As câmeras são sensores que extraem as informações necessárias para o reconhecimento da posição através do processamento das imagens, que por sua vez podem ter ou não elementos com a função de demarcar um espaço no ambiente, como os marcos fiduciais artificiais.

1.2 Marcos Fiduciais

Marcos fiduciais são objetos no campo de visão de um sistema que são utilizados como pontos de referência ou medida. Eles são utilizados em diversas áreas, como na medicina no tratamento contra o câncer onde eles são utilizados como marcadores na radioterapia para facilitar os alvos do tratamento contra um tumor, já na microeletrônica são utilizados na construção de placas de circuitos impressos e são alocados para localizar as partes da placa.

Na robótica são utilizados os marcos fiduciais artificiais, que são padrões gerados para serem interpretados por um sistema de visão computacional. Esses marcos tem a capacidade de apresentar informações que variam de acordo com o seu padrão e são aplicados quando velocidade e precisão são requeridos pelo sistema, pois são fáceis de serem detectados [5].

Entre os diversos tipos de marcos fiduciais que existem os que são baseados em superfícies quadráticas se tornaram muito atraentes por permitirem a extração da posição da câmera através das quatro quinas, como é possível observar na Figura 1.



Figura 1. Exemplos de marcos fiduciais artificiais.

1.3 Posição e Orientação utilizando um Marco Fiducial

A estimativa da posição e orientação de uma câmera calibrada utilizando pontos no mundo e projeções em uma imagem é um problema chamado de Perspective-n-Point. Para este estudo, é utilizada a função `solvepnp` disponível na biblioteca do OpenCV (Biblioteca de Visão Computacional), onde é possível fornecer a posição na imagem em pixels dos contornos dos ArUcos, previamente detectados, e então retornar com os valores de translação e rotação em relação a câmera[2][8][3], como está representado na Figura 2.

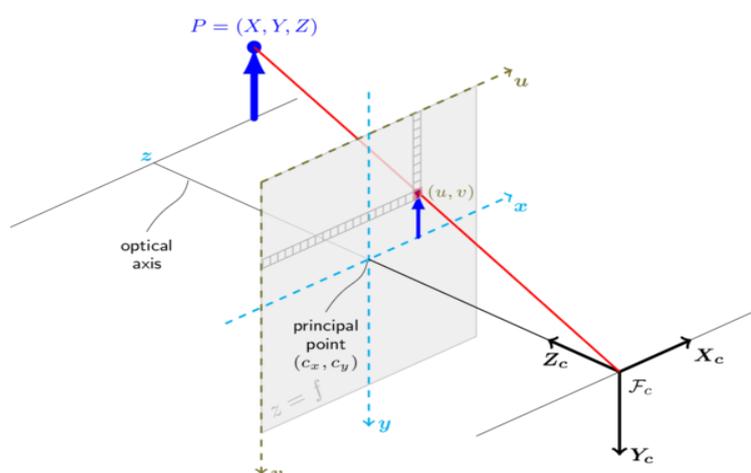


Figura 2. Extração do posicionamento através da câmera.

2 | METODOLOGIA

Os experimentos deste trabalho foram feitos em um ambiente de simulação no Gazebo. Ele é um software de código aberto mantido pela OSRF (Open Source Robotics Foundation) que possibilita a simular as interações do robô com um ambiente físico fielmente. Além disso o Gazebo possui integração com o ROS (Robot Operating System), que é o framework utilizado para o desenvolvimento do trabalho.

A câmera utilizada na simulação foi uma câmera de simulação genérica, com resolução 640x480px, com a matriz de calibração da câmera dada por (1), quanto aos marcos fiduciais, o padrão escolhido foi ArUco[5][10], pois possuem extensas bibliotecas, utilizadores e estudos. Nos experimentos foi utilizada ArUcos do dicionário 6x6 com dimensões de 100mm e 150mm. O ambiente da simulação foi uma área de $48 \square^2$.

$$K = \begin{bmatrix} 530.47 & 0.00 & 320.50 \\ 0.00 & 530.47 & 240.50 \\ 0.00 & 0.00 & 1.00 \end{bmatrix} \quad (1)$$

O robô utilizado para os testes na simulação foi o TURTLEBOT3 Waffle PI da empresa ROBOTIS com dimensões de comprimento, largura e altura de 281mm x 306mm x 141mm respectivamente, com peso de 1.8kg, representado na Figura 3.



Figura 3. Robô no ambiente do Gazebo.

Para a análise dos dados da posição da base do robô, não foi utilizado nenhum filtro para fusão de medidas com a odometria, permitindo a possibilidade de visualizar os dados diretamente da inferência do algoritmo de cálculo de posicionamento do robô.

Foram realizados experimentos, seguindo o fluxograma na Figura 4, posicionando o robô no mundo da simulação, onde o objetivo foi estimar a posição e comparar com a posição “real” do robô fornecida pelo simulador. Os experimentos se diferenciam pela orientação dos marcadores em relação ao mundo, e com a movimentação ou não do robô durante as tomadas de imagens para o cálculo da posição.

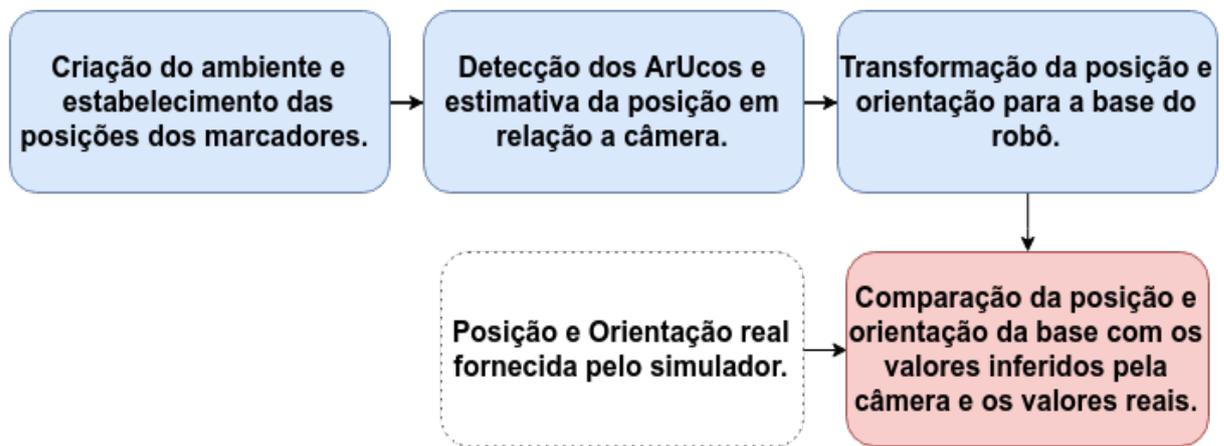


Figura 4. Fluxograma de Simulação e Análise dos dados.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Média de Posição e Quatérnios

Com o objetivo de garantir uma qualidade maior na obtenção das posições dos Marcos Fiduciais em relação ao frame ótico da câmera, foi calculada uma média da pose completa. Para o cálculo da média da pose, foi obtido N amostras para cada medida, e para cada amostra se obtém a matriz de posição e matriz de quatérnios. Para a média da posição foi utilizada a equação (2), onde A_t é área total do ArUco na imagem (em px), A_i é a área de cada ArUco. p_i é a posição de cada marco e \bar{p} é a posição média.

$$\begin{bmatrix} \bar{p}_x \\ \bar{p}_y \\ \bar{p}_z \end{bmatrix} = \frac{1}{A_t} \sum_{i=0}^N A_i \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix}_i \quad (2)$$

Foi utilizado o recurso da área, pois tendo uma área maior o marco se torna usualmente mais confiável[2], logo, é interessante inserir esse parâmetro para diminuir o peso de marcos menores ou que estejam mais distantes. Por motivos análogos a média da posição, foi necessário calcular a média dos quatérnios, responsáveis pela orientação do robô, utilizado o método de Markley[4].

$$Q = \frac{1}{A_t} \sum_{i=0}^N A_i q_i q_i^t \quad Qv = \lambda v \quad (3)$$

3.2 Transformações

As transformadas homogêneas são transformadas que descrevem a posição e orientação de algo em relação à um dado referencial. O objetivo principal deste estudo foi obter a transformada entre a base do robô e a referência global (W Tbase), representada na

Figura 5.

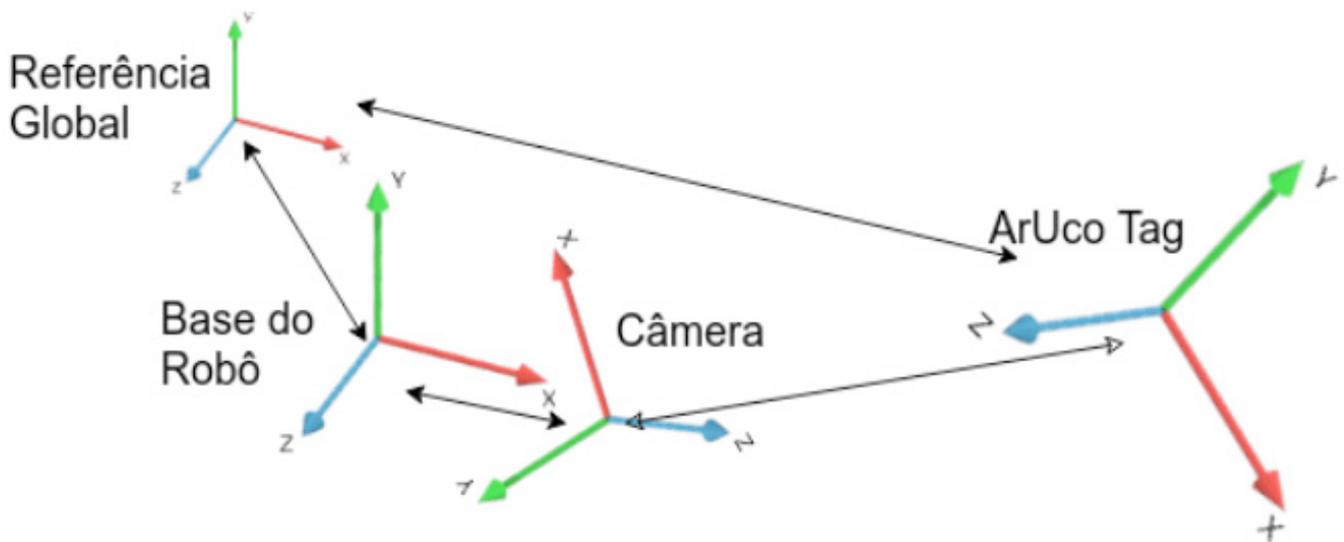


Figura 5. Representação das transformadas

Para conseguir isso, foi utilizada as transformadas predefinidas dos marcos com relação a referência global (${}^W T_{tag}$) e da câmera para a base do robô (${}^{base} T_{cam}$). Para obter a transformada desejada, foi utilizada a equação (4), onde o único elemento desconhecido até então é ${}^{tag} T_{cam}$, que é obtido utilizando os ArUcos.

$${}^W T_{base} = {}^W T_{tag} \times {}^{tag} T_{cam} \times {}^{base} T_{cam}^{-1} \quad (4)$$

É importante relembrar a equação (4) em sua forma completo é dado pela equação (5), porém V que representa o ruído das medições foi descartado dos cálculos por motivos de simplificação.

$${}^W T_{base} = {}^W T_{tag} \times {}^{tag} T_{cam} \times {}^{base} T_{cam}^{-1} + V \quad (5)$$

3.3 Simulações

Para as simulações, foi desenvolvido duas baterias de experimentos, uma com o robô estático no ambiente, e outro com o robô em movimento. Dessa maneira é possível diferenciar a eficiência da medição quando ocorrem mudanças bruscas na imagem. Foram escolhidos 4 pontos aleatórios no ambiente de simulação onde o robô poderia visualizar no mínimo 2 marcos dispostos no ambiente. Com esses quatro pontos o robô inicializou a câmera e utilizando a média da posição obtida a partir dos marcos ArUcos calculou a transformação ${}^{tag} T_{cam}$, e então foi utilizada a equação (4) para encontrar a relação do robô com o referencial global. A Figura 6 exhibe as posições “reais” do robô, com a legenda Real(), e as posições

inferidas, com a legenda Cal(). Os círculos representam a localização do robô no mapa, enquanto os traços representam a orientação.

Já os testes realizados com o robô em movimento tiveram os resultados das posições “reais” e os inferidos comparados separadamente com seus correspondentes. Alguns momentos a posição foi alterada bruscamente para visualização do efeito na inferência da medição, porém apesar de um desvio, o resultado converge para o resultado esperado, apresentado na Figura 7.

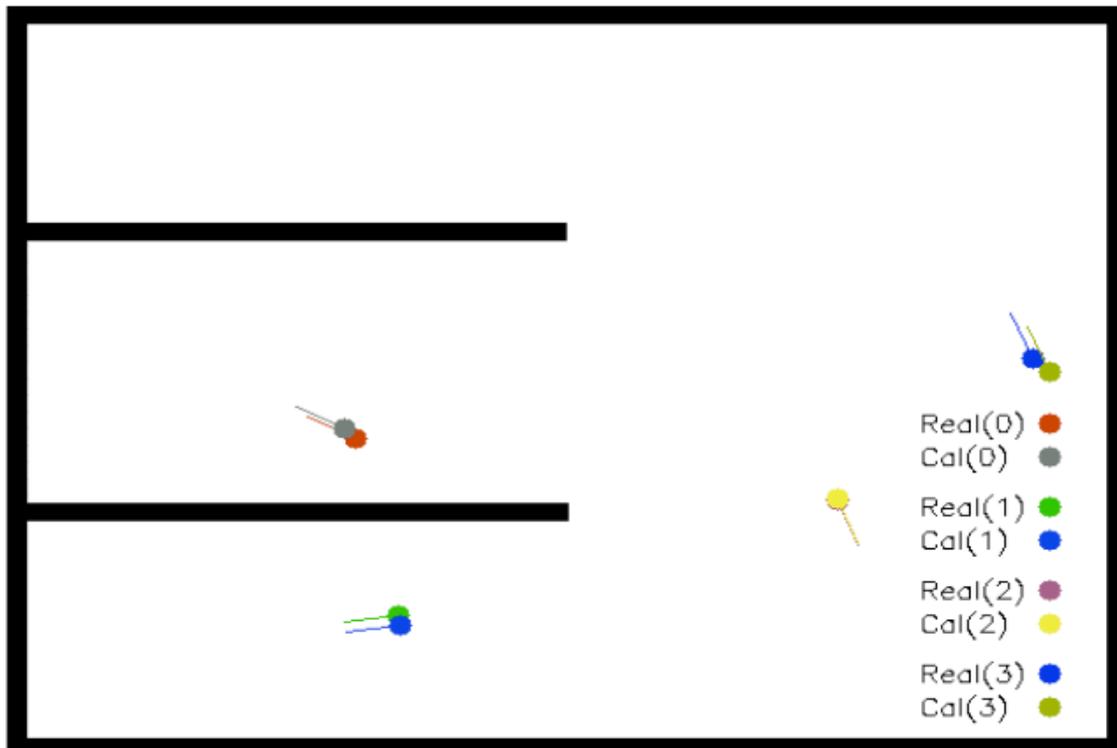


Figura 6. Posições Estáticas.

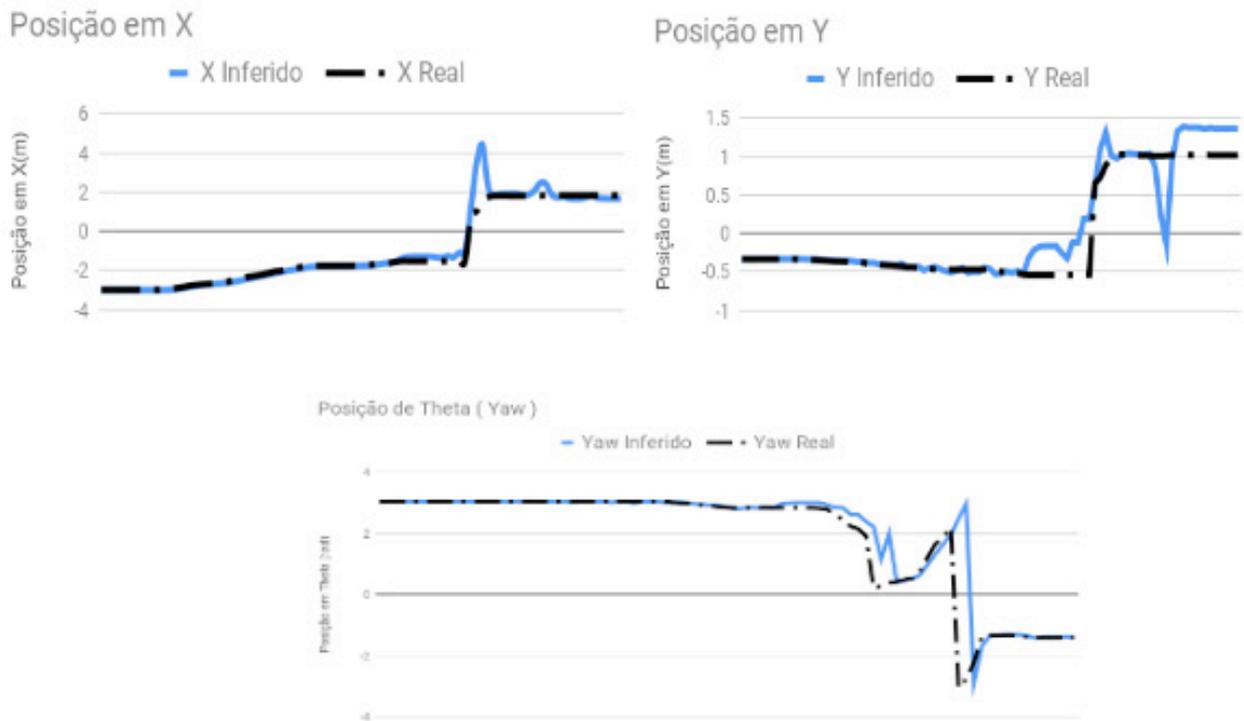


Figura 7. Comparação entre variáveis inferidas e reais.

É possível perceber que em momentos onde a posição é variada lentamente o erro associado a posição inferida se torna baixo, porém quando o marco tem sua posição variada de forma brusca, em relação a câmera, o erro é aumentado.

4 | CONCLUSÃO

As figuras 6 e 7 demonstram que é possível realizar a localização com alto grau de confiança, porém em algumas condições podem não possuir um desvio que deve ser considerado. Todavia a inclusão de filtros preditivos e fusão sensorial podem diminuir a imprecisão. O que abre oportunidades para novos estudos visando entender como e quanto pode ser aprimorado a técnica de localização.

Apesar de possuir erros associados a sua medição, os marcos fiduciais se mostram muito úteis por utilizarem um algoritmo de baixo custo computacional e sendo necessário somente uma câmera, com isso, pode ser interessante sua implementação em aplicações às quais esses erros se tornem aceitáveis ou desprezíveis e também para fornecer uma confiança na localização global no processo de navegação utilizando outras técnicas como o SLAM (Simultaneous Localization and Mapping).

REFERÊNCIAS

[1] AD King. Inertial navigation-forty years of evolution. GEC review, 13(3):140– 149, 1998.

[2] Alberto López-Cerón and José M Canas. Accuracy analysis of marker-based 3D visual localization. In XXXVII Jornadas de Automatica Workshop, 2016.

- [3] Andrej Babinec, Ladislav Jurišica, Peter Hubinsky, and František Ducho. Visual localization of mobile robot using artificial markers. *Procedia Engineering*, 96:1–9, 2014.
- [4] F Landis Markley, Yang Cheng, John Lucas Crassidis, and Yaakov Oshman. Averaging quaternions. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, 30(4):1193–1197, 2007.
- [5] Francisco J Romero-Ramirez, Rafael Muñoz-Salinas, and Rafael MedinaCarnicer. Speeded up detection of squared fiducial markers. *Image and vision Computing*, 76:38–47, 2018.
- [6] Maja J Mataric, Humberto Ferasoli Filho, José Reinaldo Silva, and Silas Franco dos Reis Alves. *Introdução à robótica*. 2014.
- [7] Marcos Giongo, Henrique Soares Koehler, Sebastião do Amaral Machado, Flavio Felipe Kirchner, and Marco Marchetti. LiDAR: princípios e aplicações florestais. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 30(63):231, 2010.
- [8] Radu Horaud, Bernard Conio, Olivier Le Boulleux, and Bernard Lacolle. An analytic solution for the perspective 4-point problem. In *Proceedings CVPR'89: IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 500–507. IEEE, 1989.
- [9] Sebastian Thrun, Wolfram Burgard, and Dieter Fox. *Probabilistic robotics*. MIT press, 2005.
- [10] Sergio Garrido-Jurado, Rafael Muñoz-Salinas, Francisco José Madrid-Cuevas, and Manuel Jesús Marín-Jiménez. Automatic generation and detection of highly reliable fiducial markers under occlusion. *Pattern Recognition*, 47(6):2280–2292, 2014.

ÍNDICE REMISSIVO

B

Biopolímeros 137, 146, 147

C

Coatings 146, 147, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 155

Coeficiente de atrito 136, 137, 141, 144

Cogeração 50, 51, 90

Competitividade 77, 78, 81, 85, 86, 88, 94, 99

Computação verde 119

D

Desenvolvimento sustentável 35, 36, 37, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 168

Desperdício 146, 147, 167

E

Efluente líquido 165, 174

Energia 9, 1, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 24, 35, 38, 39, 49, 50, 51, 52, 58, 62, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 73, 75, 76, 77, 78, 80, 84, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 97, 98, 99, 114, 119, 167, 217, 230, 231

Expansão da geração 15, 18, 75, 76, 85

F

FPGA 12, 118, 119, 121, 123, 124, 125, 126

G

Galvanoplastia 165, 166, 167, 168, 175

Geração 9, 1, 10, 11, 14, 15, 18, 19, 20, 24, 49, 50, 51, 60, 62, 69, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 85, 86, 87, 90, 91, 92, 167, 168, 184, 188

Gerador 1, 2, 5, 6, 9, 10, 47, 58, 76

H

Hidrelétrica 1, 10, 79

I

Inteligência artificial 109, 110, 113

L

Leilões de transmissão 11, 15, 16, 17, 19, 21

Localização 12, 17, 30, 85, 87, 113, 127, 128, 127, 128, 133, 134, 171, 178, 202

M

Manipulador-H 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108

Manutenção 6, 8, 10, 12, 21, 41, 51, 64, 65, 66, 67, 70, 71, 76, 152, 158, 167, 185, 188, 189, 192
Marcos fiduciais 127, 128, 129, 134
Melhores práticas 77, 88, 89, 91, 100
Mercado Livre 88, 99, 100
Metalografia 156, 158, 159, 160
Micromouse 109, 110, 111, 113, 166, 117
Microscopia óptica 156
Migração Sísmica 119
Movelt 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108

N

Nanolubrificante 136, 139, 141
Nanopartículas de amido 136, 137, 138, 139, 140, 141, 143, 144

O

Open source 109, 110, 129
Oportunidades 11, 13, 75, 88, 90, 95, 97, 134, 187

P

PIR 35, 36, 37, 46, 47, 48
Planejamento energético 35, 36, 38, 44, 46, 47, 48
Project Finance 11

Q

Qitosana 146, 147, 148, 149, 150, 152

R

Rendimento 49, 50, 52, 53, 58, 60, 61
Repotenciação 1, 3, 8, 9, 10
Risco 4, 15, 51, 67, 76, 79, 86, 87, 88, 89, 92, 93, 95, 97, 99, 228
Robótica 9, 101, 102, 103, 107, 109, 110, 111, 112, 117, 127, 128, 135
Robótica móvel 110, 109, 128
ROS 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 115, 116, 117, 129
RTM 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125

S

Setor elétrico 11, 13, 15, 22, 24, 29, 35, 36, 41, 45, 47, 75, 76, 77, 85, 98, 99
Simulação 17, 25, 34, 93, 94, 95, 96, 104, 109, 110, 111, 112, 115, 116, 117, 127, 129, 130, 132, 216, 226
Smart Grid 64, 70
Supercapacitor 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74
Supercomputação 119
Sustentabilidade 9, 64, 99

T

Taxa de desgaste 136, 139, 143, 144

Térmicas 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 96, 209, 214

Tratamento 38, 128, 158, 156, 160, 163, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 180, 229

Turbina de Tesla 49, 50, 51, 52, 60, 62

 **Atena**
Editora

2 0 2 0