

ROBÓTICA AUTÔNOMA MÓVEL NA PESQUISA DA PÓS-GRADUAÇÃO BRASILEIRA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA A PARTIR DA BIBLIOTECA DIGITAL DE TESES E DISSERTAÇÕES (BDTD)

MOBILE AUTONOMOUS ROBOTICS IN BRAZILIAN GRADUATE RESEARCH: A SYSTEMATIC REVIEW FROM THE DIGITAL LIBRARY OF THESES AND DISSERTATIONS (DLTD)

Pedro Bruno Silva Lemos¹, Anderson de Castro Lima², Jonathan Felipe da Silva³, Sandro César Silveira Jucá⁴, Solonildo Almeida da Silva⁵

Recebido: janeiro/2023 Aprovado: abril/2024

Resumo: O presente trabalho objetivou analisar, mediante revisão sistemática da literatura, a inserção da pesquisa sobre robótica autônoma móvel na pós-graduação brasileira, no decorrer do período entre os anos de 2012 e 2022. A revisão da literatura foi centrada na identificação de teses e dissertações na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) do Brasil. A partir da análise de setenta teses e dissertações, observou-se um aumento de trabalhos sobre a referida temática nos anos de 2013 e 2015. Ademais a revisão sistemática da literatura possibilitou identificar a discussão de temáticas relacionadas ao controle, a localização e a navegação de robôs e/ou automóveis autônomos. Além disso, notou-se que vinte e duas diferentes instituições têm contribuído com a pesquisa sobre robótica autônoma móvel na pós-graduação nacional (2012-2022). Por fim, evidenciou-se a tendência ao desenvolvimento de pesquisas sobre robótica autônoma móvel em programas da área de Ciência da Computação (19 trabalhos), da área de Engenharia Elétrica (13 trabalhos) e da área de Engenharia Mecânica (11 trabalhos). Inferiu-se que esse achado se relaciona à constituição da robótica como um campo de pesquisa interdisciplinar que engloba as tecnologias e os conhecimentos associados à elaboração e à construção de robôs.

Palavras-chave: robótica autônoma móvel. dissertações. teses.

Abstract: The aim of this study was to dive deep into the realm of autonomous mobile robotics within Brazilian postgraduate studies from 2012 to 2022. We embarked on a systematic review, combing through the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD) to uncover the

¹  <https://orcid.org/0000-0001-7235-9846> - Mestre em Educação Profissional e Tecnológica - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Doutorando da Rede Nordeste de Ensino (RENOEN) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus Fortaleza. Técnico Administrativo em Educação - Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Campus Liberdade, Av. da Abolição, 3 - centro, Redenção - CE, 62790-000. E-mail: pedrolemos@unilab.edu.br.

²  <https://orcid.org/0000-0002-0610-9723> - Mestre em Ciências da Computação - Universidade Estadual do Ceará (UECE). Doutorando da Rede Nordeste de Ensino (RENOEN) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus Fortaleza. Professor do campus Maracanaú do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Av. Parque Central, 1315 - Distrito Industrial I, Maracanaú - CE, CEP 61939-140. E-mail: anderson@ifce.edu.

³  <https://orcid.org/0000-0003-2677-2984> - Mestre em Educação Profissional e Tecnológica - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Doutorando da Rede Nordeste de Ensino (RENOEN) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus Fortaleza. Técnico Administrativo em Educação - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus Morada Nova, R. Prof. Raimundo Jose Rabelo, 2717 - Morada Nova, CE, 62940-000. E-mail: jonathan.silva@ifce.edu.

⁴  <https://orcid.org/0000-0002-8085-7543> - Doutor em Engenharia Elétrica - Universidade Federal do Ceará (UFC). Professor do campus Fortaleza do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica, Fortaleza - CE, CEP 60040-531. E-mail: sandrojuca@ifce.edu.br.

⁵  <https://orcid.org/0000-0001-5932-1106> - Doutor em Educação - Universidade Federal do Ceará (UFC). Professor do campus Fortaleza do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica, Fortaleza - CE, CEP 60040-531. E-mail: solonildo@ifce.edu.br.

gems of research in this domain. Out of the seventy theses and dissertations scrutinized, we noticed a significant uptick in exploration of autonomous mobile robotics, particularly in the years 2013 and 2015. Our literature review unveiled a plethora of discussions surrounding control mechanisms, location tracking, and navigation of robots and autonomous vehicles. What's more intriguing is the collaborative effort spanning across twenty-two distinct institutions driving research in this field within the national postgraduate landscape during the aforementioned period. Delving deeper, it's evident that the lion's share of this research pulse resonates within Computer Science programs, clocking in at 19 works. Close behind are Electrical Engineering and Mechanical Engineering programs, contributing 13 and 11 works respectively. This trend underscores the evolution of robotics as an interdisciplinary juggernaut, melding technologies and insights from various fields to fuel the creation and advancement of robotic systems.

Keywords: mobile autonomous robotics. dissertations. theses.

1. Introdução

O modelo social e produtivo vigente é caracterizado por um contínuo processo de desenvolvimento e implementação de artefatos tecnológicos nos diferentes setores do sistema produtivo e nas mais variadas dimensões da vida humana em sociedade (CASTELLS, 2008; LÉVY, 2009). A inovação tecnológica, destarte, tornou-se imprescindível para o avanço econômico/industrial e a manutenção do sistema social e produtivo capitalista (CASTELLS, 2008).

Nesse contexto, a robótica é um campo da ciência e tecnologia que tem assumido grande relevância para a implementação de soluções às novas necessidades produtivas e sociais, bem como para o processo de ensino e aprendizagem em diferentes áreas de conhecimento (GARCIA; FERREIRA; COSTA, 2019; GONÇALVES; BENITE, 2022; OTTONI, 2010; SEGATTO; CANABARRO TEIXEIRA, 2021; SOUZA; SANTOS; CASTRO, 2021). A robótica pode ser definida como o campo interdisciplinar de estudo dos robôs, isto é, uma disciplina que aborda a capacidade dos robôs sentirem e agirem “[...] no mundo físico de forma autônoma e intencional” (MATARIĆ, 2014, p. 21). Atualmente, a robótica, portanto, engloba as tecnologias e os conhecimentos associados à elaboração e à construção de robôs (MATARIĆ, 2014; OTTONI, 2010).

Matarić (2014, p. 19) conceitua robô como um “[...] sistema autônomo que existe no mundo físico, pode sentir o seu ambiente e pode agir sobre ele para alcançar alguns objetivos”. Nessa perspectiva, avulta-se que a progressiva utilização de robôs móveis para a resolução de problemas “[...] em que a ação humana deve ser substituída ou otimizada para acelerar a realização de um processo físico de maneira segura” (GARCIA; FERREIRA; COSTA, 2019, p. 1812).

Em adicional, destaca-se que a inserção de robôs autônomos e móveis para a substituição de seres humanos em ambientes perigosos ou insalubres tem sido uma área de pesquisa em robótica incentivada pela indústria e inserida em diversos centros de pesquisa (GARCIA; FERREIRA; COSTA, 2019; LEÃO *et al.*, 2021; MONTERO *et al.*, 2017). É salutar mencionar que, além da possibilidade de aumento da eficiência na execução de determinadas ações repetitivas e/ou complexas, a utilização de robôs autônomos móveis em ambientes perigosos/insalubres pode contribuir para a maior segurança e,

por consequência, para a diminuição de acidentes envolvendo seres humanos (LEÃO *et al.*, 2021).

No cenário acadêmico e científico, diversos trabalhos têm abordado a elaboração e/ou a inserção de robôs autônomos móveis em diferentes atividades e contextos (ALATISE; HANCKE, 2020; FRAGAPANE *et al.*, 2020, 2021; KRIEGEL *et al.*, 2022; MALUS *et al.*, 2020; MONTERO *et al.*, 2017). Ademais, constata-se a utilização exitosa de robôs móveis no setor produtivo industrial e no setor agrícola, assim como nas ciências biomédicas, na esfera educacional, na pesquisa espacial etc. (PANIGRAHI; BISOY, 2022).

No entanto, ressalta-se que a navegação ainda é uma área de pesquisa problemática para o cenário atual de desenvolvimento de robôs móveis autônomos (PANIGRAHI; BISOY, 2022). À vista disso, Siegwart e Nourbakhsh (2004) sublinham que a navegação é a área da robótica móvel que apresenta uma maior complexidade, pois a execução de plano de ação para o alcance de uma determinada posição requer que o robô interprete os dados dos sensores (percepção), determine sua posição (localização), se locomova de forma eficiente (locomoção) e “decida” como atingir o objetivo predeterminado (cognição).

Ante o exposto, infere-se a relevância estratégica da pesquisa em robótica autônoma móvel para a esfera acadêmica e científica, bem como, em específico, para o avanço dos setores industriais, agrícolas, educacionais, biomédicos etc. Todavia, é possível enfatizar a exígua publicação de trabalhos científicos que abordem a discussão de temáticas em robótica autônoma móvel na pós-graduação brasileira.

Isto posto, o presente estudo buscou realizar uma revisão sistemática da literatura com o intuito de identificar a pesquisa da pós-graduação brasileira a respeito de temáticas relacionadas ao campo da robótica autônoma móvel publicada no período entre os anos de 2012 e 2022. Convém sublinhar que a revisão sistemática da literatura possibilitou a identificação, a avaliação e a interpretação dos resultados de um conjunto de pesquisa sobre um determinado tópico ou assunto (KITCHENHAM, 2004). Logo, compreende-se que a execução desse trabalho objetivou a delimitação do cenário da pesquisa na pós-graduação brasileira sobre a supramencionada área de estudo.

Mediante a análise de um total de setenta teses e dissertações, buscou-se responder às questões de pesquisa propostas relacionadas à identificação dos pesquisadores, Instituições de Ensino Superior, áreas de atuação dos programas e principais temáticas abordadas na pesquisa brasileira sobre robótica autônoma móvel.

Em geral, destacou-se que a pesquisa sobre a referida área de estudo tem apresentado um aumento no quantitativo de trabalhos publicados nos anos de 2013 e 2015, bem como uma manutenção no quantitativo de oito (08) nos anos de 2012, 2016, 2017 e 2018. Para mais, a revisão sistemática da literatura indicou uma certa tendência caracterizada pela abordagem de temáticas decorrentes do controle, da localização e da navegação de robôs e/ou automóveis autônomos.

2. Protocolo

O protocolo adotado no presente estudo foi fundamentado no trabalho desenvolvido por Kitchenham (2004) para a elaboração de revisões sistemáticas da literatura. Observa-se que o citado protocolo possibilitou a definição dos objetivos, questões de pesquisa, *string* de busca e demais procedimentos para a coleta, análise e síntese da literatura.

2.1 Objetivos da pesquisa

Para a execução da revisão sistemática proposta, definiu-se os seguintes objetivos:

1. Identificar pesquisadores da pós-graduação brasileira (discentes e docentes) e instituições de ensino superior nacionais atuantes na pesquisa em robótica autônoma móvel;
2. Identificar as temáticas de pesquisa em robótica autônoma móvel abordadas na pós-graduação brasileira;
3. Identificar as áreas de aplicação das tecnologias em robótica autônoma móvel abordadas na pós-graduação brasileira.

2.2 Questões de pesquisa

1. Quais os pesquisadores da pós-graduação brasileira (discentes e docentes) e Instituições de Ensino Superior (IES) atuantes na área de pesquisa em robótica autônoma móvel?
2. Quais as áreas de atuação dos programas brasileiros de pós-graduação que desenvolvem pesquisa sobre robótica autônoma móvel?
3. Quais as temáticas de pesquisa em robótica autônoma móvel têm sido abordadas na pós-graduação brasileira?

2.3 String de busca

A partir do protocolo elaborado por Kitchenham (2004), definiu-se a *string* de busca com a junção de um conjunto de descritores relacionados à robótica autônoma móvel, assim com a adoção dos operadores booleanos "AND" e "OR". Nesse sentido, o Quadro 1 apresenta os termos utilizados na construção da *string* de busca empregada na identificação das teses e dissertações.

Quadro 1: Organização da string de busca Tabela de Termos

ID	Termo principal	Termo sinônimo
01	Robótica	Robô
02	Autônoma	Autônomo
03	Móvel	-

Fonte: Elaborado pelos autores.

Destarte, sublinha-se que a *string* de busca final utilizada na base de dados de publicações acadêmicas selecionadas foi a seguinte: ("ROBÓTICA" OR "ROBÔ") AND ("AUTÔNOMA " OR "AUTÔNOMO") AND ("MÓVEL").

2.4 Base para a pesquisa

Conforme as orientações de Kitchenham (2004), escolheu-se uma base de dados acadêmicos e científicos que disponibilizasse um maior quantitativo de teses e dissertações elaboradas na pós-graduação brasileira. A Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) do Brasil, base de dados selecionada, foi desenvolvida pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) e objetiva contribuir para a integração e a disseminação da produção acadêmica e científica elaborada nas instituições brasileiras de ensino e pesquisa.

No momento da coleta da literatura em análise, a BDTD possui um total de cento e vinte e nove (129) instituições cadastradas e disponibiliza um total de setecentos e sessenta e nove mil e novecentos e cinquenta e seis (769.956) trabalhos oriundos de programas brasileiros de pós-graduação, o que justificou sua escolha para a execução dessa revisão sistemática da literatura.

2.5 Critérios de inclusão e exclusão

A partir dos objetivos e questões de pesquisa previamente definidos, estabeleceu-se os critérios de inclusão e exclusão para a seleção/filtragem das teses e dissertações identificadas. Sendo assim, pontua-se que o Quadro 2 apresenta o conjunto de critérios de inclusão e exclusão adotados nessa revisão.

Quadro 2: Critérios de inclusão e exclusão

Inclusão	Exclusão
Trabalhos que abordem temáticas relacionadas à robótica autônoma móvel	Trabalhos escritos em idiomas diferentes do português
Trabalhos publicados entre os anos de 2012 e 2022 (dez anos)	Trabalhos publicados antes do ano de 2012
Trabalhos escritos em português	Trabalhos em duplicidade
Trabalhos disponíveis de forma gratuita e para leitura na íntegra	Arquivos anexos aos trabalhos e publicados separadamente, por exemplo, produtos educacionais etc.

Fonte: Elaborado pelos autores.

3. Resultados

A presente seção discorre a respeito da síntese dos resultados obtidos nessa revisão da literatura. Outrossim, frisa-se que os resultados foram organizados em cinco subseções específicas.

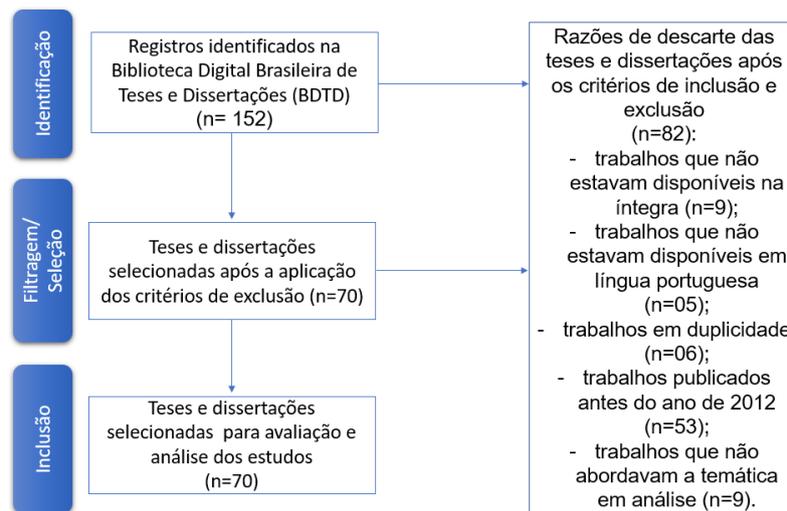
3.1 Resultados gerais

Em um primeiro momento, a utilização da *string* de busca resultou na identificação de um total de cento e cinquenta e duas (152) teses e dissertações. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão obteve-se um total de setenta (70) estudos que constituíram a amostra de teses e dissertações analisadas nesta revisão da literatura. Convém sublinhar que o processo de identificação e filtragem/seleção dos trabalhos foi

realizado no decorrer dos meses de setembro e outubro de 2022 e consistiu na leitura de todas as teses e dissertações por, no mínimo, dois (02) autores desse artigo.

A seguir, a Figura 1 detalha o processo de identificação e filtragem/seleção dos estudos. Além disso, a Figura 1 possibilita a visualização do quantitativo de trabalhos excluídos de acordo com cada critério de exclusão.

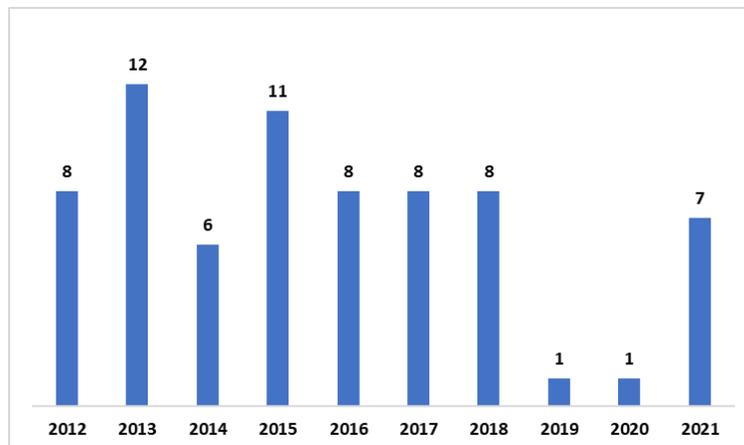
Figura 1 – Fluxograma a respeito do processo de identificação e filtragem/seleção das teses e dissertações em análise



Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise dos resultados possibilitou identificar uma tendência no aumento das publicações de teses e dissertações a respeito de temáticas relacionadas à robótica autônoma móvel no decorrer dos anos de 2013 e 2015 (Gráfico 1). No entanto, destaca-se que foram publicados apenas um trabalho, respectivamente, nos anos de 2019 e 2020. Cabe mencionar que o maior quantitativo de trabalhos foi publicado no ano de 2013, isto é, um total de doze (12) trabalhos e houve uma manutenção no quantitativo de oito (08) nos anos de 2012, 2016, 2017 e 2018. O Gráfico 1 apresenta o quantitativo de teses e dissertações publicados por ano.

Gráfico 1 – Quantitativo de teses e dissertações em análise por ano de publicação.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em relação à inexistência de publicações no ano de 2022, observa-se que esse achado pode estar relacionado ao fato de parte dos trabalhos defendidos no referido ano ainda não terem sido cadastrado na BDTD, bem como ser decorrente dos impactos da pandemia de COVID-19 na pesquisa desenvolvida na pós-graduação brasileira.

Ademais, ressalta-se que as setenta (70) teses e dissertações analisadas estão organizadas no Quadro 3. O mencionado quadro possibilita a visualização do código identificador (ID) atribuído a cada trabalho, assim como apresenta os títulos e os autores dos estudos (Quadro 3). Acentua-se, ainda, que, objetivando a simplificação do processo de referência dos resultados alcançados, os autores adotaram a utilização do código identificador (ID) para se referir aos estudos no decorrer dessa revisão da literatura.

Quadro 3 – Relação de teses e dissertações selecionadas

ID	Título	Autor
T001	Estudo prospectivo e testes de conceito para a programação de equipamentos autônomos aplicados à navegação e manipulação no carregamento de explosivos	FERREIRA, Jhony Alan Tavares
T002	Missões autônomas em robôs móveis com tração diferencial: planejamento de caminhos, localização e mapeamento	COELHO, Fabrício de Oliveira
T003	Sistema de navegação semiautônomo para robótica móvel assistiva baseado em movimentos de cabeça e comandos de voz	MACIEL, Guilherme Marins
T004	Metodologia para definição autônoma de caminhos para robôs móveis sobre diagrama de Voronói para circunferências	ARAÚJO, Cedéia Vieira de
T005	Neuroevolução de um controlador neural e dinâmico para um robô móvel omnidirecional de quatro rodas	DOMINGOS, Ruan Michel Martins
T006	Localização visual inercial com auto-calibração dos parâmetros internos de câmera monocular	PIO, Artur Borges
T007	Aprendizagem profunda por reforço combinada com controlador recursivo robusto para controle lateral baseado em visão computacional	MORAIS, Gustavo Alves Prudencio de
T008	Desenvolvimento de interface de operação para sistema autônomo de varredura aérea 3D aplicado à Termelétrica do Pecém/CE	SANTOS, Judá Teixeira
T009	Modelagem, simulação e controle de robô móvel autônomo	LIBÂNIO, Everton Silva
T010	Controle inteligente de um robô móvel omnidirecional com tomada de decisão utilizando aprendizagem por reforço	MOREIRA, Victor Ramon Firmo
T011	Controle inteligente de um robô móvel utilizando modos deslizantes, redes neurais artificiais e aprendizagem por reforço	BAUMANN, Gabriel de Albuquerque Barbosa
T012	Localização e mapeamento para robôs móveis em ambientes confinados baseado em fusão de LiDAR com odometrias de rodas e sensor inercial	CRUZ JÚNIOR, Gilmar Pereira da
T013	Uma abordagem distribuída para a implementação de sistemas de SLAM visual baseados em reconstrução geométrica	RAMOS NETO, Otacílio de Araújo
T014	Uma contribuição à localização autônoma de veículos operados remotamente em operações submarinas de inspeção e intervenção	HIRANO, Eduardo Wulff
T015	Programação de robôs por demonstração utilizando modelos não lineares autorregressivos	SANTOS, Rafael Francisco
T016	Projeto e alocação de controle de uma embarcação autônoma de superfície com 3 DoF e sistema de propulsão aéreo azimutal	SILVA, Mathaus Ferreira da
T017	Análise de intervalos e restrições temporais aplicadas ao problema de reconhecimento de regiões	NEULAND, Renata das Chagas
T018	Análise e proposta de arquiteturas de hardware para veículos autônomos	SANTOS, Milton Felipe Souza
T019	NAVIGO – Robô autônomo para navegação agrícola	SILVA, Daurimar Mendes da
T020	Planejamento de trajetória para estacionamento de veículos autônomos	PRADO, Marcos Gomes
T021	Sistema de visão multispectral para plataforma robótica de inspeção termográfica em subestação de energia	CALADO, Flávio Augusto Rezende
T022	Aplicando lógica fuzzy no controle de robôs móveis usando dispositivos	NOGUEIRA, Maycon

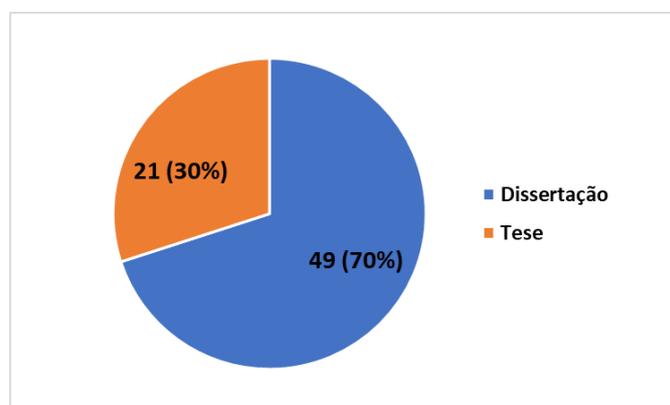
	lógicos programáveis e a linguagem VHDL	Mariano
T023	Técnicas de leilão aplicadas à coordenação de múltiplos robôs em missões de exploração de ambientes	CAVALCANTE, Rodolfo Carneiro
T024	Navegação autônoma de robôs móveis e detecção de intrusos em ambientes internos utilizando sensores 2D e 3D	CORREA, Diogo Santos Ortiz
T025	Localização híbrida para um veículo autônomo em escala usando fusão de sensores: Hybrid localization for an scale R/C car using sensor fusion	CÁRDENAS RUEDA, Miguel Ángel
T026	Arquitetura supervisória aplicável na robótica agrícola móvel	TORRES, Clayton José
T027	Arquitetura de Software para Barcos Robóticos	SANTOS, Einstein Gomes dos
T028	Mecanismo de previsão de perda de deadline para a navegação de robôs móveis autônomos	MONTEIRO, Edwaldo Ramos de Brito
T029	Veículos autônomos de transporte terrestre: proposta de arquitetura de tomada de decisão para navegação autônoma	PISSARDINI, Rodrigo de Sousa
T030	Desenvolvimento de um sistema de localização híbrido para navegação autônoma de veículos terrestres em ambiente simulado	RODRIGUEZ RUIZ, Maria Fernanda
T031	Desenvolvimento de arquiteturas híbridas através de sistemas computacionais inteligentes aplicados à robótica móvel autônoma	SILVA, Esdras Salgado da
T032	Robôs móveis roteadores aplicados à construção de redes <i>ad-hoc</i>	SANTOS, Elerson Rubens da Silva Santos
T033	SARAMR: uma arquitetura de referência baseada em loops de controle para facilitar manutenções em software robótico autoadaptativo	DE PAULA, Marcos Henrique
T034	Localização de robô em ambiente interno utilizando um dispositivo móvel baseado no sistema operacional android para navegação inercial	SILVA, Pedro Ramon de Mello
T035	Estimação de probabilidade de colisão com obstáculos móveis para navegação autônoma	SANT'ANA, Felipe Taha
T036	Navegação de um robô móvel baseado em um modelo de consciência artificial	BECKER, Thiago
T037	Sistema de navegação e localização para um robô escalador magnético de inspeção baseado em sensores LIDAR	VEIGA, Ricardo Sales da
T038	Análise cinemática e estática de um mecanismo espacial atuado por cabos aplicado à movimentação de pacientes	MURARO, Thaís
T039	Dispositivo Robótico para Assistência à Locomoção de Pessoas Idosas em Ambientes Urbanos	LEITE, Daniel de Sousa
T040	Uma proposta de arquitetura de software para a simulação e experimentação de veículos autônomos	SANTOS, Tiago Cesar dos
T041	Aceleração por GPU de serviços em sistemas robóticos focado no processamento de tempo real de nuvem de pontos 3D	CHRISTINO, Leonardo Milhomem Franco
T042	Algoritmo neurogenético com vistas para o planejamento de rotas de robôs móveis autônomos	BRUNO, Diego Renan
T043	Robotização de uma cadeira de rodas motorizada: arquitetura, modelos, controle e aplicações	NASCIMENTO JÚNIOR, Amadeu
T044	Sistema de localização, mapeamento e registro 3D para robótica móvel baseado em técnicas de visão computacional	BARBOSA, Flávio Gabriel Oliveira
T045	Um sistema de visão computacional estereoscópica para um robô móvel humanóide atuando no domínio do futebol de robôs da Robocup	COSTA, Samuel Cordeiro
T046	Um Sistema Anticolisão 3D baseado no método de Campo Potencial Artificial para um robô móvel	MORAIS, Carlos Eduardo Silva
T047	Protocolos e Técnicas de Análise de Sinais sEMG e Eeg Aplicados à Avaliação Motora e Robótica	VELA, Jhon Freddy Sarmiento
T048	Estratégias inteligentes aplicadas em robôs móveis autônomos e em coordenação de grupos de robôs	PESSIN, Gustavo
T049	Algoritmos para medição de superfícies em movimento usando visão 3D	STIVANELLO, Mauricio Edgar
T050	Navegação autônoma para robôs móveis usando aprendizado supervisionado	SOUZA, Jefferson Rodrigo de
T051	Estimação de obstáculos e área de pista com pontos 3D esparsos	SHINZATO, Patrick Yuri.
T052	Mapas auto-organizáveis de topologia variante no tempo para SLAM visual em espaço de aparências	GOMES, Daniel de Filgueiras
T053	Uma metodologia probabilística para combinação de detectores de pessoas	BATISTA, Natalia Cosse

T054	Sistema de hardware reconfigurável para navegação visual de veículos autônomos	DIAS, Mauricio Acconcia
T055	Desenvolvimento de um sistema de controle em um robô móvel agrícola em escala reduzida para deslocamento entre fileiras de plantio	BORRERO GUERRERO, Henry
T056	Fusão sensorial por classificação cognitiva ponderada no mapeamento de cenas naturais agrícolas para análise quali-quantitativa em citricultura	LULIO, Luciano Cássio
T057	Translating sensor measurements into texts for localization and mapping with mobile robots	MAFFEI, Renan de Queiroz.
T058	Enabling loop-closures and revisits in active SLAM techniques by using dynamic boundary conditions an local potential distortions	JORGE, Vitor Augusto Machado
T059	Uma abordagem híbrida para planejamento exploratório de trajetórias e controle de navegação de robôs móveis autônomos	SANTOS, Valéria de Carvalho
T060	Incorporando elementos de contexto na navegação inteligente de robôs móveis usando trajetórias semânticas, árvore de comportamento e mapa semântico	SIQUEIRA, Fernando de Lucca
T061	Extração de features 3D para o reconhecimento de objetos em nuvem de pontos	SALES, Daniel Oliva
T062	Roteamento dinâmico de veículos não-holonômicos para visita a regiões	MACHARET, Douglas Guimaraes
T063	Abordagem para criação de linguagens específicas de domínio para robótica móvel	CONRADO, Daniel Bruno Fernandes
T064	Sistema para localização robótica de veículos autônomos baseado em visão computacional por pontos de referência	COUTO, Leandro Nogueira
T065	Localização e navegação de robô autônomo através de odometria e visão estereoscópica	DELGADO VARGAS, Jaime Armando
T066	Desenvolvimento de um sistema de planejamento de trajetória para veículos autônomos agrícolas	SANCHES, Rodrigo Marcon
T067	Desenvolvimento de um sistema de navegação baseado em máquina de vetores de suporte para dirigibilidade de um robô móvel por caminhos em plantações	JODAS, Danilo Samuel
T068	NeuroFSM: aprendizado de Autômatos Finitos através do uso de Redes Neurais Artificiais aplicadas à robôs móveis e veículos autônomos	SALES, Daniel Oliva
T069	Navegação de robôs móveis utilizando visão estéreo	MENDES, Caio César Teodoro
T070	Sistema de localização para AGVs em ambientes semelhantes a armazéns inteligentes	MORAGA GALDAMES, Jorge Pablo

Fonte: Elaborado pelos autores.

No que diz respeito ao tipo dos trabalhos selecionados, pontua-se que foram selecionadas quarenta e nove (49) dissertações e vinte e uma (21) teses (Ver Gráfico 2). Logo, avulta-se que o quantitativo de dissertações representa mais que o dobro do quantitativo de teses.

Gráfico 2 – Quantitativo e percentual de teses e dissertações em análise por tipo de trabalho

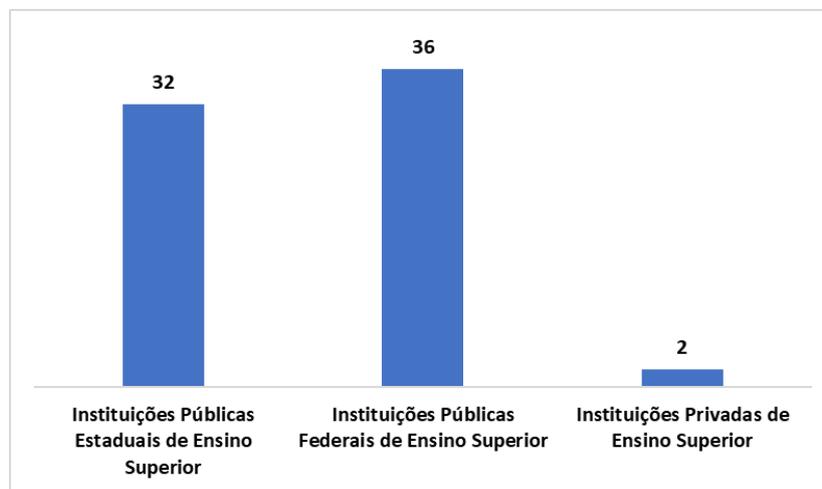


Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2 Resultados demográficos

Inicialmente, salienta-se que somente duas dissertações (T039 e T045) do conjunto de trabalhos analisado não foram desenvolvidas em Instituições Públicas de Ensino Superior. Em sua maioria (trinta e seis teses e dissertações), os trabalhos analisados foram desenvolvidos em Instituições Federais de Ensino Superior. Entretanto, verifica-se que trinta e dois (32) trabalhos foram decorrentes de pesquisas realizadas em quatro (04) Instituições Estaduais de Ensino Superior, a saber: a Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) e Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). O Gráfico 3 apresenta os dados relacionados ao quantitativo de trabalhos analisado por esfera da Instituição de vinculação.

Gráfico 3 – Quantitativo de teses e dissertações em análise por esfera da Instituição de vinculação



Fonte: Elaborado pelos autores.

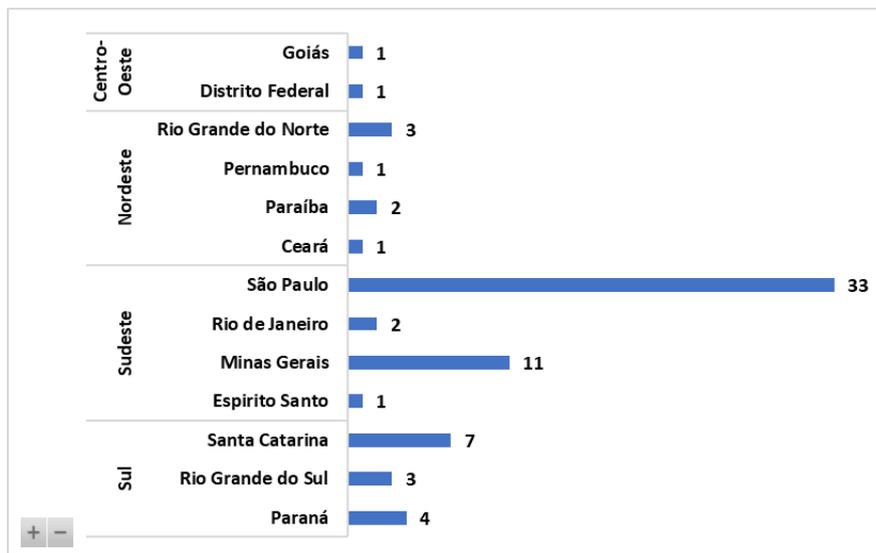
Em relação à região das Instituições com as quais os estudos analisados possuem vínculo, salienta-se que foi identificado um maior quantitativo de Instituições localizadas nas regiões Sudeste e Sul do Brasil (Gráfico 4). Especificamente, aponta-se um maior número de Instituições localizadas nos Estados São Paulo e Minas Gerais (Gráfico 4). Além disso, verifica-se um considerável quantitativo de trabalhos na região Sul, em especial, nos estados do Paraná e de Santa Catarina.

3.3 Quais os pesquisadores da pós-graduação brasileira (discentes e docentes) e Instituições de Ensino Superior (IES) atuantes na área de pesquisa em robótica autônoma móvel?

A fim de responder a citada questão de pesquisa, coletou-se de todas as teses e dissertações os autores, os orientadores e coorientadores e as Instituições de Ensino Superior. Concluiu-se que um total de sessenta e nove (69) diferentes autores contribuíram com a execução dos estudos analisados, ou seja, somente o pesquisador Daniel Oliva Sales (T061 e T068) publicou mais de um trabalho a respeito de temáticas relacionadas à robótica autônoma móvel, no decorrer do período observado nessa revisão da literatura (2012-2022).

No que diz respeito à orientação, destaca-se que foram enumerados um total de quarenta e seis (46) orientadores e quinze (15) coorientadores. Em específico, sublinha-se que o Prof. Dr. Fernando Santos Osório (T059, T024, T064, T048, T054, T061 e T041), o Prof. Dr. Denis Fernando Wolf (T020, T068, T069, T040, T050 e T051), o Prof. Dr. Edson Prestes e Silva Jr. (T057, T017 e T058), o Prof. Dr. Guilherme Augusto Silva Pereira (T015 e T053), o Prof. Dr. Gustavo Medeiros Freitas (T001 e T012), o Prof. Dr. Janito Vaqueiro Ferreira (T030 e T025), o Prof. Dr. Marcelo Becker (T070 e T055), o Prof. Dr. Marcelo Ricardo Stemmer (T049 e T044), o Prof. Dr. Mário Luiz Tronco (T026 e T056), o Prof. Dr. Paulo Roberto Gardel Kurka (T034 e T065), o Prof. Dr. Norian Marranghello (T042 e T067), o Prof. Dr. Valdir Grassi Junior (T007 e T035), o Prof. Dr. Valter Vieira de Camargo (T063 e T033) e o Prof. Dr. Wallace Moreira Bessa (T010 e T011) orientaram dois (02) ou mais trabalhos. Além disso, enfatiza-se que o Prof. Dr. André Luís Marques Marcato (T002 e T003) e o Prof. Dr. Tiago Pereira do Nascimento (T013 e T046) atuaram, respectivamente, na orientação de um trabalho e na coorientação de outro.

Gráfico 4 – Quantitativo de teses e dissertações em análise por região e estado da Instituição de vinculação



Fonte: Elaborado pelos autores

No tocante às instituições de ensino superior, pontua-se que vinte e duas (22) diferentes instituições têm contribuído com a pesquisa sobre robótica autônoma móvel na pós-graduação brasileira. À vista disso, frisa-se que onze (11) instituições de ensino superior contribuíram com a publicação de mais de um trabalho, a saber: Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR) e Universidade Federal da Paraíba (UFPB). A seguir, a Figura 2 demonstra a relação de instituições brasileiras que contribuíram com a publicação de duas ou mais teses e/ou dissertações a respeito de temáticas relacionadas à robótica autônoma móvel.

Figura 2 – Quantitativo de teses e dissertações em análise por instituição de vinculação



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.4 Quais as áreas de atuação dos programas brasileiros de pós-graduação que desenvolvem pesquisa sobre robótica autônoma móvel?

Com o intuito de responder a segunda questão proposta, foi analisada a área de atuação dos programas de pós-graduação aos quais as teses e as dissertações selecionadas estavam vinculadas. Desse modo, salienta-se que foram identificadas quinze (15) áreas de atuação dos programas de pós-graduação (Quadro 4).

Quadro 4 – Quantitativo de teses e dissertações selecionadas por área de atuação do programa de pós-graduação

Área de atuação	Quantitativo
Biotecnologia do Centro de Ciências da Saúde	1
Ciência da Computação	19
Ciências de Computação e Matemática Computacional	5
Computação Aplicada	4
Dinâmica das Máquinas e Sistemas	3
Engenharia de Automação e Sistemas	3
Engenharia de Sistemas	1
Engenharia de Transportes	1
Engenharia e Gestão da Inovação	1
Engenharia Elétrica	13
Engenharia Elétrica e de Computação	4

Engenharia Elétrica e Informática Industrial	1
Engenharia Mecânica	11
Instrumentação, Controle e Automação de Processos de Mineração	1
Sistemas Dinâmicos	2
Total Geral	70

Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise do Quadro 4 evidencia a tendência ao desenvolvimento de pesquisas sobre robótica autônoma móvel em programas da área de Ciência da Computação (19 trabalhos), da área de Engenharia Elétrica (13 trabalhos) e da área de Engenharia Mecânica (11 trabalhos). Também se menciona que doze (12) trabalhos foram desenvolvidos em programas que atuam de forma interdisciplinar, isto é, Biotecnologia do Centro de Ciências da Saúde (01 trabalho), Ciências de Computação e Matemática Computacional (05 trabalhos), Engenharia Elétrica e de Computação (04 trabalhos), Engenharia Elétrica e Informática Industrial (01 trabalho) e Instrumentação, Controle e Automação de Processos de Mineração (01 trabalho). Infere-se que esse achado se relaciona à constituição da robótica como um campo de pesquisa interdisciplinar que engloba as tecnologias e os conhecimentos associados à elaboração e à construção de robôs (MATARIĆ, 2014; OTTONI, 2010).

3.5 Quais as temáticas de pesquisa em robótica autônoma móvel têm sido abordadas na pós-graduação brasileira?

Com o intuito de responder essa terceira questão de pesquisa, extraiu-se das teses e dissertações analisadas as palavras-chaves e/ou os assuntos principais cadastrados nos metadados. Concluiu-se que as setenta (70) teses e dissertações analisadas abordaram um total de trezentos e dezoito (318) temáticas relacionadas à robótica autônoma móvel. Tal achado indica a diversidade do mencionado campo de pesquisa na pós-graduação brasileira, assim como a possibilidade de contribuição e aplicação dessas propostas de pesquisas em diferentes contextos e para o atendimento de variadas necessidades sociais e produtivas.

Isto posto, salienta-se que o Quadro 5 possibilita a identificação das principais temáticas de robótica autônoma móvel abordadas pela pós-graduação brasileira. É importante frisar que a análise do Quadro 5 contribui para a identificação de algumas tendências na pesquisa em robótica autônoma móvel desenvolvida na pós-graduação brasileira no período entre 2012 e 2022.

Quadro 5 – Relação das principais temáticas abordadas nos trabalhos selecionados

Temática geral	Nº de menções nos trabalhos
Robótica móvel/Robôs móveis	28
Navegação autônoma	15
Veículo autônomo	14

SLAM	8
Redes neurais artificiais	8
Visão computacional	8
Localização	8
Planejamento de trajetória	7
Filtro de Kalman	6
Mapeamento	5
Agricultura de precisão	5

Fonte: Elaborado pelos autores

Em um primeiro momento, pontua-se o quantitativo de pesquisas relacionadas à navegação e à localização de robôs móveis. Nessa perspectiva, observa-se que quinze (15) trabalhos discutem propostas de navegação autônoma, oito (08) trabalhos analisam a localização/determinação da posição de protótipos autônomos e, em específico, seis (06) trabalhos abordaram a utilização do Filtro de Kalman como uma abordagem recursiva para a localização de robôs autônomos móveis. Para mais, verifica-se que vinte (20) trabalhos investigam as seguintes temáticas vinculadas à navegação/localização de veículos ou robôs móveis: visão computacional, mapeamento e planejamento de trajetória.

Ainda é necessário sublinhar que oito (08) trabalhos discorreram acerca da utilização da técnica de Localização e Mapeamento Simultâneos, conceituada em inglês pela sigla SLAM, para a construção de mapas de um determinado ambiente em tempo real ao processo de localização por robôs e/ou veículos autônomos. As redes neurais artificiais também foram uma temática analisada na navegação de robôs e/ou veículos autônomos (oito trabalhos). Em adicional, três (03) trabalhos examinaram temáticas relacionadas à navegação e localização em veículos autônomos e robôs móveis, sendo que vinte e oito (28) teses e dissertação mencionaram a área da robótica móvel ou de robôs móveis de forma geral.

O exame sistemático da literatura selecionada também denotou o desenvolvimento de pesquisas direcionada para a utilização de robôs autônomos móveis no setor agrícola de precisão (cinco trabalhos), em consonância com o disposto por Panigrahi e Bisoy (2022). Constata-se a tendência caracterizada pelo elevado quantitativo de trabalhos (quatorze) voltados para a inserção de aplicações no setor automobilístico (PANIGRAHI; BISOY, 2022).

4. Considerações finais

O presente estudo se tratou de uma revisão sistemática da literatura acerca da pesquisa sobre robótica autônoma móvel desenvolvida nos programas brasileiros de pós-graduação stricto sensu. Os resultados indicaram para o aumento de trabalhos sobre a referida temática nos anos de 2012 e 2021, bem como na discussão de temáticas

relacionadas ao controle, localização e navegação de robôs e/ou automóveis autônomos.

A pesquisa também evidenciou o aumento das publicações de teses e dissertações a respeito de temáticas relacionadas à robótica autônoma móvel nos anos de 2013 e 2015. Em relação ao tipo da literatura selecionada, verificou-se o maior quantitativo de dissertações, assim como que nenhum autor publicou mais de um trabalho.

Foi possível observar a predominância de trabalhos oriundos de Instituições Federais de Ensino Superior (trinta e seis teses e dissertações). Além disso, destacou-se que trinta e dois (32) trabalhos foram decorrentes de pesquisas realizadas em quatro (04) Instituições Estaduais de Ensino Superior.

Ainda se identificou a concentração de trabalhos em Instituições localizadas nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. Em específico, constatou-se o maior número de trabalhos decorrentes de pesquisas realizadas nos Estados de São Paulo e de Minas Gerais. A respeito das orientações, reconheceu-se que um total de quarenta e seis (46) orientadores e quinze (15) coorientadores atuaram na execução das pesquisas brasileiras sobre robótica móvel autônoma no período entre os anos de 2012 e 2022.

Os resultados salientaram que vinte e duas (22) diferentes intuições de ensino e pesquisa contribuíram com a pesquisa sobre robótica autônoma móvel na pós-graduação brasileira. À vista disso, evidenciou-se a maior vinculação das pesquisas sobre a temática em tela a programas da área de Ciência da Computação (19 trabalhos), da área de Engenharia Elétrica (13 trabalhos) e da área de Engenharia Mecânica (11 trabalhos).

A análise sistemática das setenta (70) teses e dissertações também denotou a utilização de robôs autônomos móveis no setor agrícola de precisão (cinco trabalhos). Constatou-se, em adicional, uma tendência caracterizada pelo elevado quantitativo de trabalhos voltados para a inserção de aplicações autônomas móveis no setor automobilístico.

Por fim, depreende-se que essa pesquisa ressaltou a importância da pesquisa a respeito da supramencionada temática que é realizada na pós-graduação brasileira. Nesse sentido, indica-se a necessidade trabalhos posteriores que abordem as publicações em um recorte temporal mais amplo e as áreas de aplicação das soluções e artefatos oriundos das pesquisas futuros em robótica móvel.

5. Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap) pela bolsa de pesquisa de Doutorado concedida ao primeiro autor desse trabalho e pelo suporte ao projeto concedido ao quarto autor através da Chamada Universal Nº 06/2023. Ademais, os autores agradecem o apoio da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) e da Rede Nordeste de Ensino (Renoen – Polo IFCE).

6. Referências

ALATISE, Mary B.; HANCKE, Gerhard P. A review on challenges of autonomous mobile robot and sensor fusion methods. **IEEE Access**, v. 8, n. 1, p. 39830-39846, 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2975643. Acesso em: 25 mar. 2024.

ARAÚJO, Cedéia Vieira de. **Metodologia para definição autônoma de caminhos para robôs móveis sobre diagrama de Voronói para circunferências**. 2018. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão da Inovação) - Universidade Federal do ABC, Santo André, 2018.

BARBOSA, Flávio Gabriel Oliveira. **Sistema de localização, mapeamento e registro 3D para robótica móvel baseado em técnicas de visão computacional**. 2017. 140 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

BATISTA, Natalia Cosse. **Uma metodologia probabilística para combinação de detectores de pessoas**. 2015. 173 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharias, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

BAUMANN, Gabriel de Albuquerque Barbosa. **Controle inteligente de um robô móvel utilizando modos deslizantes, redes neurais artificiais e aprendizagem por reforço**. 2021. 58f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

BECKER, Thiago. **Navegação de um robô móvel baseado em um modelo de consciência artificial**. 2015. 91 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

BORRERO GUERRERO, Henry. **Desenvolvimento de um sistema de controle em um robô móvel agrícola em escala reduzida para deslocamento entre fileiras de plantio**. 2016. Tese (Doutorado em Dinâmica das Máquinas e Sistemas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

BRUNO, Diego Renan. **Algoritmo neurogenético com vistas para o planejamento de rotas de robôs móveis autônomos**. 2016. 185 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São José do Rio Preto, 2016.

CALADO, Flávio Augusto Rezende. **Sistema de visão multispectral para plataforma robótica de inspeção termográfica em subestação de energia**. 2013. 131 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

CÁRDENAS RUEDA, Miguel Ángel. **Localização híbrida para um veículo autônomo em escala usando fusão de sensores: Hybrid localization for an scale R/C car using sensor**

fusion. 2013. 121 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP.

CASTELLS, Manuel. **A Sociedade em Rede**. 11 ed. São Paulo: Paz e Terra, 2008.

CAVALCANTE, Rodolfo Carneiro. **Técnicas de leilão aplicadas à coordenação de múltiplos robôs em missões de exploração de ambientes**. 2013. 92f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013

CHRISTINO, Leonardo Milhomem Franco. **Aceleração por GPU de serviços em sistemas robóticos focado no processamento de tempo real de nuvem de pontos 3D**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

COELHO, Fabrício de Oliveira. **Missões autônomas em robôs móveis com tração diferencial: planejamento de caminhos, localização e mapeamento**. 2018. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018.

CONRADO, Daniel Bruno Fernandes. **Abordagem para criação de linguagens específicas de domínio para robótica móvel**. 2012. 93f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

CORREA, Diogo Santos Ortiz. **Navegação autônoma de robôs móveis e detecção de intrusos em ambientes internos utilizando sensores 2D e 3D**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

COSTA, Samuel Cordeiro. **Um sistema de visão computacional estereoscópica para um robô móvel humanóide atuando no domínio do futebol de robôs da Robocup**. 2017. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2017.

COUTO, Leandro Nogueira. **Sistema para localização robótica de veículos autônomos baseado em visão computacional por pontos de referência**. 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

CRUZ JÚNIOR, Gilmar Pereira da. **Localização e mapeamento para robôs móveis em ambientes confinados baseado em fusão de LiDAR com odometrias de rodas e sensor inercial**. 2021. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

DE PAULA, Marcos Henrique. **SARAMR: Uma arquitetura de referência baseada em loops de controle para facilitar manutenções em software robótico autoadaptativo**.

2015. 157f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

DELGADO VARGAS, Jaime Armando. **Localização e navegação de robô autônomo através de odometria e visão estereoscópica**. 2012. 53 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP, 2013.

DIAS, Mauricio Acconcia. **Sistema de hardware reconfigurável para navegação visual de veículos autônomos**. 2016. 144 f. Tese (Doutorado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

DOMINGOS, R. M. M. **Neuroevolução de um controlador neural e dinâmico para um robô móvel omnidirecional de quatro rodas**. 2018. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e da Computação) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

FERREIRA, Jhony Alan Tavares. **Estudo prospectivo e testes de conceito para a programação de equipamentos autônomos aplicados à navegação e manipulação no carregamento de explosivos**. 2018. 105 f. Dissertação (Mestrado em Instrumentação, Controle e Automação de Processos de Mineração) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

FRAGAPANE, Giuseppe; IVANOV, Dmitry; PERON, Mirco; SGARBOSSA, Fabio; STRANDHAGEN, Jan Ola. Increasing flexibility and productivity in Industry 4.0 production networks with autonomous mobile robots and smart intralogistics. **Annals of operations research**, v. 308, p. 125–143, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03526-7>. Acesso em: 25 mar. 2024.

FRAGAPANE, Giuseppe; KOSTER, René de; SGARBOSSA, Fabio; STRANDHAGEN, Jan Ola. Planning and control of autonomous mobile robots for intralogistics: Literature review and research agenda. **European Journal of Operational Research**, v. 294, n. 2, p. 405-426, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.01.019>. Acesso em: 25 mar. 2024.

GARCIA, Marcio Figueiredo; FERREIRA, Diego Stefano F.; COSTA, Augusto Loureiro da. Projeto e concepção de uma plataforma para robótica cognitiva embarcada. In: 14º Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, 2019, Ouro Preto. **Anais eletrônicos [...]**. Campinas: Galoá Ciência, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbai-2019/trabalhos/projeto-e-concepcao-de-uma-plataforma-para-robotica-cognitiva-embarcada?lang=pt-br>>. Acesso em: 25 Mar. 2024.

GOMES, Daniel de Filgueiras. **Mapas auto-organizáveis de topologia variante no tempo para SLAM visual em espaço de aparências**. 2015. 114 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação) - Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

GONÇALVES, D. C.; BENITE, C. R. M. Metodologia ativa e robótica educacional: uma proposta para o estudo do sistema solar. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista** –

ENCITEC, v. 12, n. 3, p. 149-163, 8 dez. 2022. DOI: <https://doi.org/10.31512/encitec.v12i3.734>. Acesso em: 25 Mar. 2024.

HIRANO, Eduardo Wulff. **Uma contribuição à localização autônoma de veículos operados remotamente em operações submarinas de inspeção e intervenção**. 2018. 179 f. Tese (Doutora em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

KITCHENHAM, Barbara. Procedures for performing systematic reviews. **Keele, UK, Keele University**, v. 33, n. 2004, p. 1-26, 2004. Disponível em: <https://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/kitchenham.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2024.

KRIEGEL, Johannes; RISSBACHER, Clemens; RECKWITZ, Luise; TUTTLE-WEIDINGER, Linda. The requirements and applications of autonomous mobile robotics (AMR) in hospitals from the perspective of nursing officers. **International Journal of Healthcare Management**, v. 15, n. 3, p. 204-210, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/20479700.2020.1870353>. Acesso em: 25 mar. 2024.

JODAS, Danilo Samuel. **Desenvolvimento de um sistema de navegação baseado em máquina de vetores de suporte para dirigibilidade de um robô móvel por caminhos em plantações**. 2012. 100 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2012.

JORGE, Vitor Augusto Machado. **Enabling loop-closures and revisits in active SLAM techniques by using dynamic boundary conditions an local potential distortions**. 2017. 160 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Computação) - Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

LEÃO, Lucca; AMARAL, Israel; AZPÚRUA, Hector; REZENDE, Adriano; PESSIN, Gustavo; FREITAS, Gustavo. Exploração autônoma de ambientes planares utilizando um dispositivo robótico móvel. In: 15º Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, 2021, Rio Grande, RS (online). **Anais eletrônicos [...]**. Campinas: Galoá Ciência, 2021. DOI: [10.20906/sbai.v1i1.2702](https://doi.org/10.20906/sbai.v1i1.2702). Acesso em: 25 mar. 2024.

LEITE, Daniel de Sousa. **Dispositivo Robótico para Assistência à Locomoção de Pessoas Idosas em Ambientes Urbanos**. Rio de Janeiro, 2016. 230p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 2009.

LIBÂNIO, Everton Silva. **Modelagem, simulação e controle de robô móvel autônomo**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

LULIO, Luciano Cássio. **Fusão sensorial por classificação cognitiva ponderada no mapeamento de cenas naturais agrícolas para análise quali-quantitativa em citricultura**. 2016. 306 f. Tese (Doutorado em Manufatura) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

MACHARET, Douglas Guimaraes. **Roteamento dinâmico de veículos não-holonômicos para visita a regiões**. 2013. 176 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

MACIEL, Guilherme Marins. **Sistema de navegação semiautônomo para robótica móvel assistiva baseado em movimentos de cabeça e comandos de voz**. 2018. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018.

MAFFEI, Renan de Queiroz. **Translating sensor measurements into texts for localization and mapping with mobile robots**. 2017. 162 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Computação) - Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

MALUS, Andreja; KOZJEK, Dominik; VRABIČ, Rok. Real-time order dispatching for a fleet of autonomous mobile robots using multi-agent reinforcement learning. **CIRP annals**, v. 69, n. 1, p. 397-400, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2020.04.001>. Acesso em: 25 mar. 2024.

MATARIĆ, Maja J. **Introdução à robótica**. São Paulo: Editora Blucher/UNESP, 2014.

MENDES, Caio César Teodoro. **Navegação de robôs móveis utilizando visão estéreo**. 2012. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

MONTEIRO, Edwaldo Ramos de Brito. **Mecanismo de previsão de perda de deadline para a navegação de robôs móveis autônomos**. 2014. 111f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós - Graduação em Computação, Florianópolis, 2014.

MONTERO Roberto; MENENDEZ, Elisabeth; VICTORES, Juan G.; BALAGUER, Carlos. Intelligent Robotic System for Autonomous Crack Detection and Characterization in Concrete Tunnels. In: 2017 IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC), 2017, Coimbra, Portugal. **Anais eletrônicos [...]**. IEEE: New York, 2017, pp. 316–321. DOI: 10.1109/ICARSC.2017.7964094. Acesso em: 25 mar. 2024.

MORAGA GALDAMES, Jorge Pablo. **Sistema de localização para AGVs em ambientes semelhantes a armazéns inteligentes**. 2012. 122 f. Dissertação (Mestrado em Dinâmica das Máquinas e Sistemas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

MORAIS, Carlos Eduardo Silva. **Um Sistema Anticolisão 3D baseado no método de Campo Potencial Artificial para um robô móvel**. 2017. 91 f. Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

MORAIS, Gustavo Alves Prudêncio de. **Aprendizagem profunda por reforço combinada com controlador recursivo robusto para controle lateral baseado em visão computacional**. 2020. Dissertação (Mestrado em Sistemas Dinâmicos) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.

MOREIRA, Victor Ramon Firmo. **Controle inteligente de um robô móvel omnidirecional com tomada de decisão utilizando aprendizagem por reforço**. 2021. 68f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

MURARO, Thaís. **Análise cinemática e estática de um mecanismo espacial atuado por cabos aplicado à movimentação de pacientes**. 2015. 169 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

NASCIMENTO JÚNIOR, Amadeu. **Robotização de uma cadeira de rodas motorizada: arquitetura, modelos, controle e aplicações**. 2016. 122 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Campinas, SP, 2016.

NEULAND, Renata das Chagas. **Análise de intervalos e restrições temporais aplicadas ao problema de reconhecimento de regiões**. 2021. 93 f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande de Sul, Porto Alegre, 2021.

NOGUEIRA, Maycon Mariano. **Aplicando lógica fuzzy no controle de robôs móveis usando dispositivos lógicos programáveis e a linguagem VHDL**. 2013. 95 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2013.

OTTONI, André Luiz Carvalho. **Introdução à robótica**. Universidade Federal de São João-Del Rei: Material Didático, 2010.

PANIGRAHI, Prabin Kumar; BISOY, Sukant Kishoro. Localization strategies for autonomous mobile robots: A review. **Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences**, v. 34, n. 8, part B, 2022, p. 6019-6039. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2021.02.015>. Acesso em: 25 mar. 2024.

PESSIN, Gustavo. **Estratégias inteligentes aplicadas em robôs móveis autônomos e em coordenação de grupos de robôs**. 2013. 202 f. Tese (Doutorado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

PIO, Artur Borges. **Localização visual inercial com auto-calibração dos parâmetros internos de câmera monocular**. 2019. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

PISSARDINI, Rodrigo de Sousa. **Veículos autônomos de transporte terrestre: proposta de arquitetura de tomada de decisão para navegação autônoma**. 2014. 182 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

PRADO, Marcos Gomes. **Planejamento de trajetória para estacionamento de veículos autônomos**. 2013. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

RAMOS NETO, Otacílio de Araújo. **Uma abordagem distribuída para a implementação de sistemas de SLAM visual baseados em reconstrução geométrica**. 2018. 113 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

RODRIGUEZ RUIZ, Maria Fernanda. **Desenvolvimento de um sistema de localização híbrido para navegação autônoma de veículos terrestres em ambiente simulado**. 2014. 99 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP, 2014

SALES, Daniel Oliva. **Extração de features 3D para o reconhecimento de objetos em nuvem de pontos**. 2017. 89 f. Tese (Doutorado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

SALES, Daniel Oliva. **NeuroFSM: aprendizado de Autômatos Finitos através do uso de Redes Neurais Artificiais aplicadas à robôs móveis e veículos autônomos**. 2012. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SANCHES, Rodrigo Marcon. **Desenvolvimento de um sistema de planejamento de trajetória para veículos autônomos agrícolas**. 2012. 131 f. Dissertação (Mestrado em Dinâmica das Máquinas e Sistemas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SANT'ANA, Felipe Taha. **Estimação de probabilidade de colisão com obstáculos móveis para navegação autônoma**. 2015. 74 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Dinâmicos) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

SANTOS, Einstein Gomes dos. **Arquitetura de Software para Barcos Robóticos**. 2014. 82 f. Dissertação (Mestrado em Automação e Sistemas; Engenharia de Computação; Telecomunicações) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

SANTOS, Elerson Rubens da Silva Santos. **Robôs móveis roteadores aplicados à construção de redes ad-hoc**. 2015. 82f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

SANTOS, Rafael Francisco. **Programação de robôs por demonstração utilizando modelos não lineares autorregressivos**. 2018. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia

Elétrica) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

SANTOS, Judá Teixeira. **Desenvolvimento de interface de operação para sistema autônomo de varredura aérea 3D aplicado à Termelétrica do Pecém/CE**. 2021. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2021.

SANTOS, Milton Felipe Souza. **Análise e proposta de arquiteturas de hardware para veículos autônomos**. 2013. 189 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Campinas, SP, 2013.

SANTOS, Tiago Cesar dos. **Uma proposta de arquitetura de software para a simulação e experimentação de veículos autônomos**. 2016. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

SANTOS, Valéria de Carvalho. **Uma abordagem híbrida para planejamento exploratório de trajetórias e controle de navegação de robôs móveis autônomos**. 2017. 144 f. Tese (Doutorado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

SEGATTO, R.; CANABARRO TEIXEIRA, A. Utilização do Robô Cubetto em um processo de formação docente para professores da educação básica na área da robótica educacional. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC**, v. 11, n. 1, p. 219-236, 1 jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.31512/encitec.v11i1.390>. Acesso em: 25 mar. 2024.

SHINZATO, Patrick Yuri. **Estimação de obstáculos e área de pista com pontos 3D esparsos**. 2015. Tese. 101 f. (Doutorado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

SIEGWART, Roland; NOURBAKHSI, Illah Reza. **Introduction to autonomous mobile robots**. Massachusetts Institute of Technology (MIT) Press: Massachusetts, 2004.

SILVA, Daurimar Mendes da. **NAVIGO – Robô autônomo para navegação agrícola**. 2013. 76 f. Dissertação (Mestrado em Computação para Tecnologias em Agricultura) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2013.

SILVA, Esdras Salgado da. **Desenvolvimento de arquiteturas híbridas através de sistemas computacionais inteligentes aplicados à robótica móvel autônoma**. 2015. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procopio, 2015.

SILVA, Mathaus Ferreira da. **Projeto e alocação de controle de uma embarcação autônoma de superfície com 3 DoF e sistema de propulsão aéreo azimutal**. 2021. 149 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2021.

SILVA, Pedro Ramon de Mello. **Localização de robô em ambiente interno utilizando um dispositivo móvel baseado no sistema operacional android para navegação inercial.** 2015. 55 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP, 2015.

SIQUEIRA, Fernando de Lucca. **Incorporando elementos de contexto na navegação inteligente de robôs móveis usando trajetórias semânticas, árvore de comportamento e mapa semântico.** 2017. 168 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

SOUZA, Jefferson Rodrigo de. **Navegação autônoma para robôs móveis usando aprendizado supervisionado.** 2014. 102 f. Tese (Doutorado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

SOUZA, M. S. M. X. de; SANTOS, F. V. dos; CASTRO, J. B. de. O(s) kits educacionais de robótica para o ensino de matemática: um panorama de pesquisas brasileiras. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC**, v. 11, n. 3, p. 267-285, 30 nov. 2021. DOI: <https://doi.org/10.31512/encitec.v11i3.431>. Acesso em: 25 mar. 2024.

STIVANELLO, Mauricio Edgar. **Algoritmos para medição de superfícies em movimento usando visão 3D.** 2013. 149 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, 2013.

TORRES, Clayton José. **Arquitetura supervisória aplicável na robótica agrícola móvel.** 2014. 146 f. Dissertação (Mestrado em Manufatura) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

VEIGA, Ricardo Sales da. **Sistema de navegação e localização para um robô escalador magnético de inspeção baseado em sensores LIDAR.** 2015. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

VELA, Jhon Freddy Sarmiento. **Protocolos e Técnicas de Análise de Sinais sEMG e Eeg Aplicados à Avaliação Motora e Robótica.** 2013. 252 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia) - Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.