

Sistema FIEB



PELO FUTURO DA INOVAÇÃO

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC

Pós-graduação em Robótica e Sistemas Autônomos

Relatório final do programa de formação em Robótica e Sistemas Autônomos

Apresentado por:

Aziel Freitas

John Nash

James Clerk Maxwell

Nikola Tesla

Sir Isaac Newton

Dezembro de 2020

Aziel Freitas
John Nash
James Clerk Maxwell
Nikola Tesla
Sir Isaac Newton

**Relatório final do programa de formação em
Robótica e Sistemas Autônomos**

Salvador

Centro Universitário SENAI CIMATEC
2020

Agradecimentos

Agradeço ao professor Oberdan Pinheiro por me notificar sobre a oportunidade de participar do processo seletivo que culminou na minha participação neste programa de formação. Não tinha ideia de como seria a experiência, mas após bastante persistência, acompanhado dos dedicados Orientadores e Colegas, pude iniciar a caminhada na trilha de um pesquisador em Robótica. A estes todos agradeço, pelos constantes compartilhamentos das suas experiências, fossem prévias ou fossem recém adquiridas no programa, ao longo deste ano tão conturbado.

Salvador, Brasil
dia de Dezembro de 2020

Aziel Freitas
John Nash
James Clerk Maxwell
Nikola Tesla

Resumo

Este relatório visa exibir de forma resumida os resultados dos projetos executados no curso de formação em Robótica e Sistemas Autônomos. O projeto abraçou 12 graduados nas áreas de Engenharia Elétrica, Mecânica, da Computação e de Automação e Controle e os treinou no uso de ferramentas CAD na modelagem de objetos, ferramentas de simulação, de gerenciamento de projetos, de desenvolvimento e versionamento de códigos nas linguagens Python, C++ (especialmente para ROS) e R. Essas ferramentas foram gradualmente aprendidas para que pudessem ser utilizada ao longo do programa de formação na confecção um manipulador robótico e na configuração uma plataforma móvel para realizar mapeamento e navegação autônomas, além da manipulação. Os projetos foram organizados de modo a alocar as capacidades dos graduados em equipes contendo diversidades de conhecimentos, havendo sempre a figura de um líder de projetos.

Palavras-chave: Robótica, Manipuladores, ROS, Linguagens de programação, Estatística

Abstract

This report sums up the results of the projects executed along the duration of the graduation course in Robotics and Autonomous Systems. The course embraced 12 graduates from the Electric, Mechanic, Computer and Control and Automation engineering fields and trained them in using CAD tools for object modelling, simulation tools for physics and environments, project management, software development in Python, C++ (specially for ROS) and R languages, as well as version management. These tools were gradually learned so that they would be used in assembling a robotic manipulator and setting up a mobile platform that was used in autonomous mapping and exploring, besides the manipulation. The projects were fashioned so the graduates capacities would be complimentary, having present always the figure of a project leader.

Keywords: Robotics, Manipulators, ROS, Programming languages, Statistics

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Objetivos	1
1.1.1	Objetivos Específicos	1
1.2	Justificativa	1
1.3	Organização do documento	2
2	Desenvolvimento	3
2.1	Desafio 1.0 - Detecção de objeto em simulação	3
2.2	Desafio 2.0 - Manipulador <i>RAJA</i>	3
2.3	Desafio “2.2” - Manipulador <i>El Borgson</i>	4
2.4	Desafio 2.5 - Análise estatística R&R do robô simulado DARwIn-OP . . .	4
2.5	Estudo estatístico - “DoE”	5
2.6	Desafio 3.0 - UGV “CUCA”	5
3	Metodologia	6
4	Resultados	8
4.1	Artigo SAPCT	8
4.2	Integração do sistema	8
5	Conclusão	9
5.1	Considerações finais	9
A	Manipulador robótico “RAJA”	
B	Manipulador robótico “El Borgson”	
C	Corrida de revezamento: DARwIn-OP	
D	Projeto de experimento	
E	UGV CUCA	
F	Manipulador RAJA - Artigo SAPCT	
G	Projeto TRIS - Artigo SIINTEC	
H	Projeto TRIS: Certificado de participação SIINTEC	
	Referências	

Lista de Tabelas

Lista de Figuras

3.1	Metodologia do Programa de Formação em Robótica e Sistemas Autônomos	7
-----	--	---

Introdução

Este relatório traz os objetivos do programa, a sua justificativa e os conhecimentos envolvidos durante o curso de formação, além dos trabalhos realizados, materiais e métodos empregados na realização de cada projeto e o que resultou ao final de cada etapa.

1.1 *Objetivos*

Os objetivos do programa foram: a realização dos desafios propostos, na forma de projetos e a confecção dos relatórios pertinentes, mostrando o desenvolvimento do conhecimento necessário bem como a estrutura de cada um desses projetos e seus resultados.

1.1.1 *Objetivos Específicos*

O relatório resume o processo de formação de um pesquisador em robótica e sistemas autônomos em treinamento pelo Laboratório de Robótica e Sistemas autônomos. Este processo contou com a ambientação em um Laboratório contendo uma estrutura física dispondo de dispositivos diversos já consolidados no mundo da robótica. Bastante consolidados também foram os diversos recursos *open software* utilizados na concepção dos projetos. No curso de um ano todas essas ferramentas foram sendo utilizadas juntamente com os métodos de gerenciamento de projetos já dominados pelos Orientadores liderando o programa de formação.

1.2 *Justificativa*

Os trabalhos desenvolvidos e certificados recebidos estão agregados neste relatório, em apêndice ao seu final, a fim esclarecer quais conhecimentos foram adquiridos ao longo do programa, bem como os métodos empregados.

1.3 Organização do documento

Este documento apresenta 5 capítulos e está estruturado da seguinte forma:

- **Capítulo 1 - Introdução:** Neste capítulo estão descritos os objetivos gerais e específicos, a justificativa e como está organizado este relatório;
-
- **Capítulo 2 - Desenvolvimento:** Estão descritos os projetos realizados durante o curso;
- **Capítulo 3 - Metodologia:** Neste capítulo está descrita a metodologia empregada no curso de formação em Robótica e Sistemas Autônomos;
- **Capítulo 4 - Métodos e Resultados:** Foram apresentados os métodos e os resultados obtidos nos artigos apresentados;
- **Capítulo 5 - Conclusão:** Apresenta as conclusões em relação ao programa de formação.

Desenvolvimento

Esse capítulo expõe os projetos realizados no programa de formação.

2.1 Desafio 1.0 - Detecção de objeto em simulação

Como forma de introduzir os conceitos mais básicos da utilização do *framework ROS*, o Desafio 1.0 consistiu em fazer um veículo autônomo realizar a busca por um objeto específico em um ambiente, em um ambiente simulado no *Gazebo*. O veículo escolhido foi o “Husky”, da *Clearpath Robotics*, cujos pacotes *ROS* já estavam previamente elaborados e tiveram que ser apenas ajustados. O ambiente da busca foi a área externa ao CIMATEC 4, que foi modelada no software *Onshape*. O objeto a ser localizado foi uma esfera na cor amarela, e o programa para isso foi também concebido pelos estudantes. A navegação e mapeamento foi feita utilizando-se pacotes do *ROS*, como *nav2d*¹ e *gmapping*². O objetivo foi fazer o veículo autônomo mapear o ambiente e navegar em busca da esfera. Ao ser detectada, o veículo procedeu com uma aproximação cautelosa até manter uma dada distância da esfera. Os conhecimentos deste desafio serviram como uma ampla base para a última etapa do processo de formação.

2.2 Desafio 2.0 - Manipulador RAJA

Nesta etapa, os estudantes, inicialmente, simularam um manipulador robótico com 5 graus de liberdade, utilizando novamente *ROS*, *Gazebo* e *MoveIt*, capaz de detectar marcadores fiduciais e se deslocar pelo espaço de modo a se aproximar destes marcadores. Realizada a simulação com sucesso, partiu-se para a construção do manipulador em uma bancada no Laboratório de Robótica e Sistemas Autônomos, baseado nas dimensões, materiais e dispositivos simulados na etapa anterior. Novamente o *MoveIt* foi a biblioteca responsável por realizar os cálculos cinemáticos necessários para enviar comandos às juntas do manipulador. O relatório resultante está no apêndice. A etapa de construção do manipulador foi precedida de um hiato decorrente da disseminação do COVID-19, que levou à realização do Desafio 2.5.

O relatório gerado deste projeto encontra-se no Apêndice [A](#)

¹https://github.com/skasperski/navigation_2d

²https://github.com/ros-perception/slam_gmapping

2.3 *Desafio “2.2” - Manipulador El Borgson*

No início das construções dos manipuladores das equipes, ocorreu um problema de incompatibilidade dos motores que compunham as juntas dos manipuladores. Esses motores de modelos distintos não conseguiam se comunicar e com isso não conseguiam realizar o movimento corretamente. Dessa forma, concluiu-se que havia apenas motores com modelos semelhantes disponíveis para a concepção de dois manipuladores. Assim, a equipe do RAJA foi dissolvida e seus membros foram distribuídos para as outras duas equipes. O autor deste relatório foi relocado para a equipe “Borgs” posteriormente renomeada para “El Borgson” Para este desafio foi feita uma construção real do manipulador modelado e simulado no Desafio 2.0. Os materiais utilizados neste desafio foram perfis de alumínio, motores Dynamixel, câmera RGB Basler, peças modeladas no software Onshape e impressas em plástico ABS numa impressora 3D. No Apêndice B está disponível o relatório gerado para esse projeto, para maiores detalhes.

2.4 *Desafio 2.5 - Análise estatística R&R do robô simulado DARwIn-OP*

O desafio 2.5 foi realizado em equipe, pela mesma do desafio 2.2, no qual o robô programado foi o DARwIn-OP³. O objetivo desse desafio foi o desenvolvimento, em ambiente simulado, de duas missões: 1) quatro destes robôs deviam andar de forma sincronizada de um ponto numa pista de corrida, e 2) uma corrida de revezamento Nesta corrida de revezamento, cada robô deveria se deslocar até o próximo e quando o alcançasse, ambos deveriam se deslocar juntos durante um intervalo de tempo, no lugar da troca real de um bastão. Sobre este projeto foi realizado um estudo que teve como objetivo analisar o sistema de medição dos dados coletados durante os testes realizados nas etapas: de marcha e de revezamento, utilizando o método de análise de variância (ANOVA). Nessa análise foi possível aplicar os conhecimentos obtidos em estatística, utilizando a ferramenta RStudio e a linguagem de programação R a fim de realizar o estudo estatístico desse projeto. O estudo foi R&R (Repetibilidade e Reprodutibilidade), que consiste em testar o sistema quanto à sua capacidade de repetir um determinado evento. O resultado proveniente deste estudo está descrito no Apêndice C.

³https://emannual.robotis.com/docs/en/platform/op/getting_started/

2.5 Estudo estatístico - “DoE”

Uma vez que análises estatísticas são bastante relevantes em pesquisa científica, um dos projetos consistiu em realizar um *DoE* ou *Design of Experiments* (“Planejamento de Experimento”). Ele foi realizado em um modelo de “helicóptero” de papel. O propósito principal foi escolher parâmetros para alterar no helicóptero e a partir da repetição de experimentos controlados, determinar quais são os fatores que mais influenciam seu tempo de planagem. Durante o processo, foi utilizado um modelo de helicóptero em papel, medindo-se o tempo de planagem a partir de duas alturas diferentes. Além disso, foram adicionados adesivos e um clipe em pontos específicos da sua estrutura, a fim de verificar a influência da variação destes parâmetros no resultado final. O estudo proporcionou a aplicação do aprendizado adquirido ao uso da ferramenta e linguagem R usada para manipulação, análise e visualização de dados, e dos conhecimentos de Estatística. A análise utilizada neste experimento foi a análise de regressão. O relatório gerado está no Apêndice D.

2.6 Desafio 3.0 - UGV “CUCA”

Um *UGV* - *Unmanned ground vehicle* ou “veículo autônomo terrestre” é uma plataforma móvel que se vale de rodas, esteiras ou outro dispositivo para locomoção em terra firme. Iniciando num período folclórico icônico que é o *Halloween*, o projeto CUCA, fazendo uma alusão ao folclore nacional, consistiu em realizar a integração de um manipulador robótico, o “TIMON-HM”⁴ em uma plataforma móvel, o Warthog⁵, equipado com um LiDAR⁶, câmeras RGB⁷ e navegador GPS⁸. No Apêndice E encontra-se o relatório gerado por este projeto.

⁴ <https://github.com/Brazilian-Institute-of-Robotics/timon_hm_manipulator>

⁵ <<https://clearpathrobotics.com/warthog-unmanned-ground-vehicle-robot/>>

⁶ <<https://quanergy.com/what-is-lidar/>>

⁷ <http://www.nikondigital.org/articles/rgb_digital_camera_color.htm>

⁸ <https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System>

Metodologia

Um dos pontos característico do programa de Formação em Robótica é a sua metodologia, onde buscará a aprendizagem ativa do estudante, com a construção dos seus conhecimentos, complementando as aulas expositivas com atividades e dinâmicas de grupo, elaboração e apresentação de trabalhos e pesquisas, emprego de meios audiovisuais, estudos individualizados, pesquisa de artigos técnicos e científicos, entre outros condicionantes ao programa. A metodologia em si é um caminho para o sucesso na formação dos estudantes, pois esta convergência baseia-se em 5 pontos principais:

1. **Criatividade:** espaço que estimula a criatividade, possibilitando interação e acesso à diferentes tecnologias.
2. **Engajamento:** atividades práticas de aprendizado aumentam os níveis de concentração
3. **Programação:** a inteligência artificial se torna cada vez mais presente nas escolas e escritórios
4. **Trabalho em equipe:** robótica incorpora uma gama de habilidades e promove um ambiente de aprendizagem para pessoas com diferentes talentos
5. **Diversão:** aprender sobre robótica deve ser divertido, e a medida que os estudantes continuam melhorando sua interação com eles, isso aumenta mais ainda o nível de diversão

Basicamente o caminho para o sucesso compreende em 4 fases distintas, demonstradas na Figura 3.1:

Assimilação: desenvolver habilidades de codificação e lógica;

Simulação: testar as missões de um robô de forma eficiente;

Integração: garantir informações sobre o ambiente e o robô;

Criação: elaborar um projeto aplicado a tecnologia.

As três primeiras fases são compreendidas em 6 meses, ficando a fase Criação com 6 meses para finalizar o programa. Entre cada fase, desafios são lançados para que o estudante

obtenha maior sucesso na assimilação dos conceitos ministrados, para a última fase um projeto final é lançado para que o estudante possa realizar a demonstração de seu sistema para os avaliadores. Bom salientar que durante as fases, temas serão tratados e discutidos de forma expositiva e prática.

Figura 3.1: Metodologia do Programa de Formação em Robótica e Sistemas Autônomos



Fonte: Programa de Formação em Robótica e Sistemas Autônomos

Com uma abordagem inovadora, o programa tenta realçar a busca por um aprendizado mais real e excitante para isso o conceito de professor facilitador que estimule a experiência nas várias tecnologias se faz necessário. Isso promoverá vários feedbacks mais intensos aos estudantes. Em resumo o professor será o facilitador de uma experiência de aprendizado, criando recursos e experiência para a formação do aprendiz.

Resultados

Nesta seção serão demonstrados os métodos e resultados dos artigos provenientes dos trabalhos desenvolvidos durante o período do curso de formação em Robótica e Sistemas Autônomos. Nos Apêndices estão identificados os artigos publicados e certificados obtidos.

4.1 Artigo SAPCT

Para o evento V Seminário de Avaliação de Pesquisa Científica e Tecnológica (SAPCT) foi realizado o artigo Projeto e Simulação de um Manipulador Robótico com 5 Graus de Liberdade e Sistema de Visão Integrado, com base no projeto do manipulador robótico RAJA, este artigo consta no Apêndice [F](#). O trabalho apresentado foi premiado como melhor trabalho na categoria de bolsistas de projeto PD&I.

4.2 Integração do sistema

Esse artigo refere-se ao projeto “TRIS” que foi criado a partir da necessidade gerada pela pandemia do COVID-19 de isolar possíveis vetores do vírus. Seu funcionamento é dado pela identificação de pessoas e avaliação das suas temperaturas através de câmeras (RGB e espectro infravermelho). Os algoritmos requerem um computador treinado através de uma rede neural no reconhecimento de rostos e aferição da temperatura. Caso valores acima de 37,8°C sejam detectados, o programa irá alertar um operador diante do sistema para que este informasse à pessoa sobre a possibilidade dela estar num ou estado febril, que é um dos sintomas do COVID-19. Esse sistema foi criado com o propósito de auxiliar no controle da propagação do vírus. Nesse projeto puderam ser desenvolvidos os conhecimentos de rede neural, interface de sistemas, concepção de um banco de dados, utilização de câmeras RGB e espectro infravermelho. O resultado obtido do projeto do TRIS foi o artigo publicado no evento VI International Symposium on Innovation and Technology (SIINTEC) 2020, e posteriormente sua premiação em primeiro lugar dentre os trabalhos apresentados. Este artigo e o certificado de participação nestes evento constam, respectivamente, nos Apêndices [G](#) e [H](#)

Conclusão

Chegou a hora de apresentar o apanhado geral sobre o trabalho de pesquisa feito, no qual são sintetizadas uma série de reflexões sobre a metodologia usada, sobre os achados e resultados obtidos, sobre a confirmação ou rechaço da hipótese estabelecida e sobre outros aspectos da pesquisa que são importantes para validar o trabalho. Recomenda-se não citar outros autores, pois a conclusão é do pesquisador. Porém, caso necessário, convém citá-lo(s) nesta parte e não na seção seguinte chamada **Conclusões**.

5.1 Considerações finais

Brevemente comentada no texto acima, nesta seção o pesquisador (i.e. autor principal do trabalho científico) deve apresentar sua opinião com respeito à pesquisa e suas implicações. Descrever os impactos (i.e. tecnológicos, sociais, econômicos, culturais, ambientais, políticos, etc.) que a pesquisa causa. Não se recomenda citar outros autores.

Manipulador robótico “RAJA”

Manipulador robótico “El Borgson”

Corrida de revezamento: DARwIn-OP

Projeto de experimento

UGV CUCA

Manipulador RAJA - Artigo SAPCT

Projeto TRIS - Artigo SIINTEC

Projeto TRIS: Certificado de participação SIINTEC

VI SIINTEC

International Symposium
on Innovation and Technology

Challenges in science, technology and innovation after COVID-19

Sistema FIEB



CERTIFICADO

Certificamos que o trabalho TRIS: THERMAL REMOTE IDENTIFICATION SYSTEM OF FEVERISH PEOPLE dos autores DIOGO ALEXANDRE MARTINS, PEDRO PAULO VENTURA TECCHIO, JOÃO VICTOR TORRES BORGES, NELSON ALVES FERREIRA NETO, ANA CAROLINA BARRETO DE JESUS, JÉSSICA LIMA MOTTA, AZIEL MARTINS DE FREITAS JÚNIOR, MATEUS SANTOS DE CERQUEIRA, TIAGO PEREIRA DE SOUZA foi aceito para publicação no **VI International Symposium on Innovation and Technology (SIINTEC)**, realizado no período de 21/10/2020 a 23/10/2020.

Prof. Dra. Lilian Lefol Nani Guarieiro
Coordenadora SIINTEC 2020

Referências

Relatório final do programa de formação em Robótica e Sistemas Autônomos

Aziel Freitas

John Nash

James Clerk Maxwell

Nikola Tesla

Salvador, Dezembro de 2020.