



*Federação das Indústrias do Estado da Bahia*

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC

Engenharia de Automação e Controle

Engenharia Mecânica

## Projeto Theoprax de Conclusão de Curso

### Doogie: um projeto de robô micromouse

Apresentada por:

Caio Amaral  
Élisson Riller  
Elton Marques  
Iure Pinheiro  
Mateus Menezes

Orientador:

Prof. Marco Reis, M.Eng.

Setembro de 2019

Caio Amaral  
Élisson Riller  
Elton Marques  
Iure Pinheiro  
Mateus Menezes

## **Doogie: um projeto de robô micromouse**

Projeto Theoprax de Conclusão de Curso apresentada ao , Curso de Engenharia de Automação e Controle e Engenharia Mecânica do Centro Universitário SENAI CIMATEC, como requisito parcial para a obtenção do título de **Bacharel em Engenharia**.

Área de conhecimento: Interdisciplinar  
Orientador: Prof. Marco Reis, M.Eng.

Salvador  
Centro Universitário SENAI CIMATEC  
2019

---

## **Resumo**

---

Escreva aqui o resumo da dissertação, incluindo os contextos geral e específico, dentro dos quais a pesquisa foi realizada, o objetivo da pesquisa, assunção filosófica, os métodos de pesquisa usados e as possíveis contribuições que o que é proposto pode trazer à sociedade.

**Palavras-chave:** Palavra-chave 1, Palavra-chave 2, Palavra-chave 3, Palavra-chave 4, Palavra-chave 5

---

## **Abstract**

---

Escreva aqui, em inglês, o resumo da dissertação, incluindo os contextos geral e específico, dentro dos quais a pesquisa foi realizada, o objetivo da pesquisa, assunção filosófica, os métodos de pesquisa usados e as possíveis contribuições que o que é proposto pode trazer à sociedade.

**Keywords:** Keyword 1, Keyword 2, Keyword 3, Keyword 4, Keyword 5

---

# Sumário

---

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Objetivos . . . . .	1
1.1.1	Objetivos Específicos . . . . .	1
1.2	Justificativa . . . . .	1
1.3	Organização do Projeto Theoprax de Conclusão de Curso . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Fundamentação Teórica</b>	<b>3</b>
2.1	Micromouse . . . . .	3
2.2	Robotics Frameworks . . . . .	3
2.3	Estudo do estado da arte . . . . .	3
2.4	Benchmark . . . . .	5
2.4.1	GreenGiant . . . . .	5
2.4.2	WPISmartMouse . . . . .	6
2.4.3	Kumamoto National College . . . . .	7
2.4.4	WolfieMouse . . . . .	9
2.4.5	Raspberry Pi Mouse V2 . . . . .	10
2.4.6	Matriz de Comparação . . . . .	13
2.5	Assunto 2 . . . . .	13
<b>3</b>	<b>Materiais e Métodos</b>	<b>14</b>
3.1	Metodologia . . . . .	14
3.2	Descrição do sistema . . . . .	14
3.2.1	Especificação técnica . . . . .	14
3.2.2	Arquitetura geral do sistema . . . . .	14
3.2.3	Arquitetura de software . . . . .	14
3.3	Desdobramento da função qualidade . . . . .	14
3.3.1	Requisitos do cliente . . . . .	15
3.3.2	Requisitos técnicos . . . . .	15
3.4	Especificação dos componentes . . . . .	15
3.4.1	Estrutura analítica do protótipo . . . . .	15
3.4.2	Lista de componentes . . . . .	15
3.5	Diagramas mecânicos . . . . .	15
3.6	Modelo esquemático de alimentação e comunicação . . . . .	15
3.6.1	Diagramas elétricos . . . . .	16
3.6.2	Esquemas eletrônicos . . . . .	16
3.7	Especificação das funcionalidades . . . . .	16
3.7.1	Fluxo das informações . . . . .	16
3.7.2	Funcionalidade 1 . . . . .	16
3.7.3	Funcionalidade 2 . . . . .	16
3.7.4	Funcionalidade 3 . . . . .	16
3.8	Interface do Usuário . . . . .	17
3.9	Simulação do sistema . . . . .	17

<b>4 Resultados</b>	<b>18</b>
4.1 Testes unitários . . . . .	18
4.2 Integração do sistema . . . . .	18
4.3 Testes integrados . . . . .	18
4.4 Avaliação da prontidão tecnológica . . . . .	18
4.5 Trabalhos futuros . . . . .	18
<b>5 Conclusão</b>	<b>19</b>
5.1 Considerações finais . . . . .	19
<b>A QFD</b>	<b>20</b>
<b>B Diagramas mecânicos</b>	<b>21</b>
<b>C Diagramas eletro-eletrônicos</b>	<b>22</b>
<b>D Wireframes</b>	<b>23</b>
<b>E Logbook</b>	<b>24</b>
<b>Referências</b>	<b>25</b>

## **Lista de Tabelas**

---

## Lista de Figuras

---

2.1	Moonlight Special - Primeiro modelo <i>micromouse</i> a ganhar uma competição.	4
2.2	Green Giant.	5
2.3	WPISmartMouse.	6
2.4	Especificações do WPISmartMouse.	7
2.5	Kumamoto.	8
2.6	Especificações do Kumamoto.	8
2.7	WolfieMouse.	9
2.8	Especificações do WolfieMouse.	10
2.9	RaspiMouse.	11
2.10	Especificações do RaspiMouse.	12
2.11	Matriz de Comparação.	13

---

## **Lista de Siglas**

---

tprax .....  
WWW ..... World Wide Web

## Lista de Simbolos

---

## Introdução

---

O mundo é - e sempre foi - um mundo de rede. Todavia apenas nas últimas duas décadas a teoria de redes tornou-se um tópico que atraído atenção de pesquisadores e da mídia (refletida nos trabalhos de (BARABÁSI, 2003), (WATTS, 2003), (NEWMAN; WATTS, 2006)), especialmente em relação às redes sociais: os relacionamentos entre os terroristas do 11/9, a forma como a SARS se espalhou em 2002/03 e o mito dos "6 graus de separação" entre dois indivíduos. Até mesmo a forma como a obesidade se espalha pode ser explicada através da análise de redes. O aumento da popularidade dos sites de rede social como Facebook, Google+ ou LinkedIn (ou a Plataforma Lattes brasileira) aumenta a nossa percepção de rede formada por nossos amigos, colegas e família e isso constitui a base invisível de nossa vida social.

### **1.1 *Objetivos***

Nesta seção os objetivos principal (também pode-se se utilizar a palavra meta) da monografia de graduação ou especialização, dissertação de mestrado ou tese de doutorado são apresentados.

#### **1.1.1 *Objetivos Específicos***

Nesta seção os objetivos específicos (também pode-se se utilizar a palavra meta) da monografia de graduação ou especialização, dissertação de mestrado ou tese de doutorado são apresentados.

### **1.2 *Justificativa***

O pesquisador/estudante deve apresentar os aspectos mais relevantes da pesquisa ressaltando os impactos (e.g. científico, tecnológico, econômico, social e ambiental) que a pesquisa causará. Deve-se ter cuidado com a ingenuidade no momento em que os argumentos forem apresentados.

### **1.3 Organização do Projeto Theoprax de Conclusão de Curso**

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

- **Capítulo 1 - Introdução:** Contextualiza o âmbito, no qual a pesquisa proposta está inserida. Apresenta, portanto, a definição do problema, objetivos e justificativas da pesquisa e como este projeto theoprax de conclusão de curso está estruturado;
- **Capítulo 2 - Fundamentação Teórica:** XXX;
- **Capítulo 3 - Materiais e Métodos:** XXX;
- **Capítulo 4 - Resultados:** XXX;
- **Capítulo 5 - Conclusão:** Apresenta as conclusões, contribuições e algumas sugestões de atividades de pesquisa a serem desenvolvidas no futuro.

---

## Fundamentação Teórica

---

Quanto maior for a rapidez de transformação de uma sociedade, mais temporárias são as necessidades individuais. Essas flutuações tornam ainda mais acelerado o senso de turbilhão da sociedade.

(Alvin Toffler)

Quanto maior for a rapidez de transformação de uma sociedade, mais temporárias são as necessidades individuais. Essas flutuações tornam ainda mais acelerado o senso de turbilhão da sociedade.

(Alvin Toffler)

### **2.1 Micromouse**

### **2.2 Robotics Frameworks**

### **2.3 Estudo do estado da arte**

A competição Micromouse é um concurso anual na qual estudantes do mundo todo desenvolvem pequenos robôs autônomos, chamados *micromouse*, postos a correr dentro de um labirinto. Dessa forma, o *micromouse* que mais rápido chegar ao seu centro é o vencedor da competição.



Figura 2.1: Moonlight Special - Primeiro modelo *micromouse* a ganhar uma competição.

Sua ideia surge em 1977, quando a *IEEE Spectrum Magazine* trouxe pela primeira vez o conceito de robôs autônomos para resolução de labirintos. Pouco tempo depois, sua primeira competição foi realizada, em junho de 1979, na primeira *IEEE Amazing Micromouse Maze Contest* organizada na cidade de Nova York. Rapidamente, o conceito da competição se espalhou e, já no começo da década de 90, vários clubes voltados para Micromouse surgiam em escolas e universidades do mundo todo. [From: **The inception of Chedda**]

Atualmente, a *IEEE Micromouse Competition* adota uma configuração que consiste-se de um labirinto de 16 x 16 blocos. Cada bloco possui 18 cm x 18 cm. As paredes, que possuem 5 cm de altura, são pintadas de branco de modo a ser reflexiva à luz infravermelho. O chão, por outro lado, é pintado de preto, para que não seja reflexivo. Além disso, o *micromouse* sempre inicia a partir de um dos cantos do labirinto e termina em seu centro. Com base nisso, os competidores devem usar de algoritmos de busca para explorar o labirinto para encontrar a rota mais otimizada para a resolução do labirinto. O robô por sua vez, não pode ter suas dimensões maiores que uma seção de 25cm x 25 cm. As regras completas estão dispostas como anexo no final do documento.

## 2.4 Benchmark

### 2.4.1 GreenGiant

A Green Giant é uma desenvolvedora de múltiplas plataformas de robótica, especializada em eletrônica embarcada, tendo como seu carro-chefe o *micromouse*. Seu modelo mais recente, 2016 - 2017, é voltado para alto desempenho em competições, alcançando a posição de quarto lugar durante a APEC de 2016.

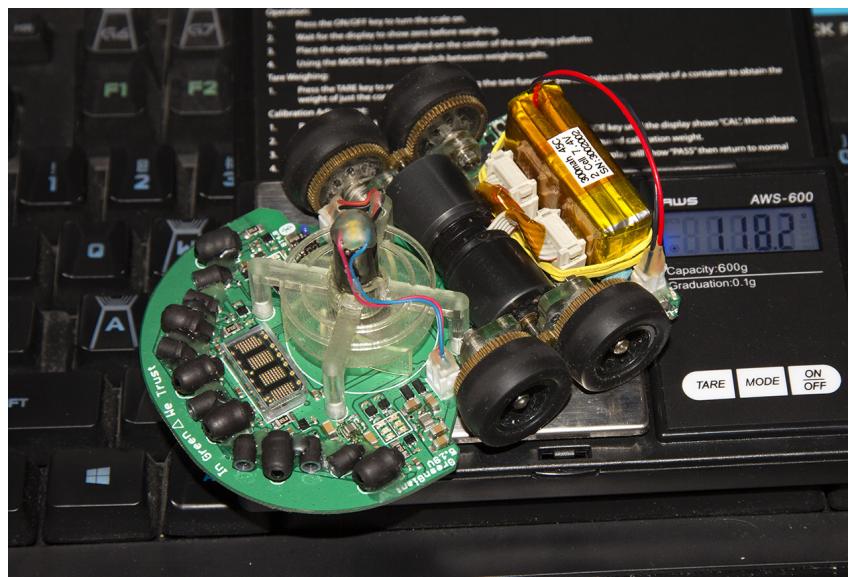


Figura 2.2: Green Giant.

Sua interface de usuário possui *Dot Matrix Display*, sinalizadores led, botões, buzzer, além de possuir um sistema de comunicação Bluetooth 4.0. Ademais, o modelo usa um sistema de ventoinhas de sucção para aumentar o nível de aderência das rodas, permitindo alcançar maiores velocidades sem derrapar.

#### Pontos Positivos:

- Produto de alto desempenho em competições;
- Sistema de ventoinhas de sucção;

#### Pontos Negativos:

- Não possui suporte à simulação;
- Projeto pouco documentado;

Tabela 2.1: Especificações do Green Giant.

<b>Green Giant 5.19V</b>	
Fabricante	Green Ye
Ano	2017
Linguagem de programação	C/C++
Sensores	IR, MPU, IE
Controlador	STM32
Simulador	Não possui
Bateria	LiPo 300 mAh (7,4 V)
Rodas	3D printed mount&wheel + mini-z tyres
Motor	DC-Motor 6 540 RPM 0,21 Nm (6 V)
Interface de usuário	DMD 5x7, LEDs, Botão, Bluetooth
Outros	Sistema de ventoinhas de sucção

- Não possui guia do usuário;
- Não possui suporte nativo para ambiente ROS;

#### 2.4.2 WPISmartMouse

A organização estudantil, WPI CollabLab, compartilham um espaço de laboratório entre seus membros para projetos com viez colaborativo a sociedade. Nesse espaço desenvolveu-se o Smartmouse, projeto *micromouse* voltado para a competição Micro-mouse *Brown IEEE Robotic Olympiad*. O projeto também se extendeu para o desenvolvimento de um ambiente de simulação apartir dos projetos Gazebo e Ignition, não possuindo entretanto suporte para ROS.

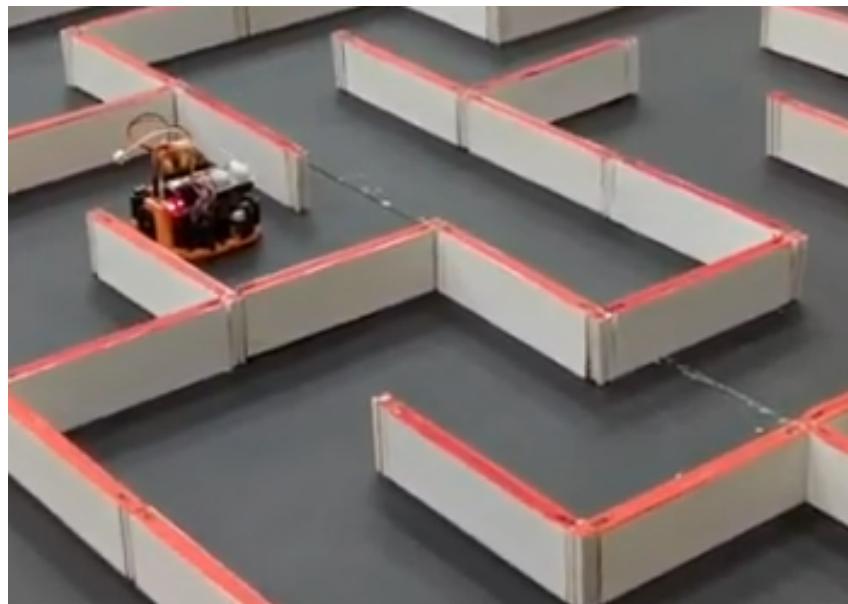


Figura 2.3: WPISmartMouse.

<b>Smartmouse</b>	
Fabricante	WPI CollabLab
Ano	2018
Linguagem	Arduino/C, Python, BASCOM
Sensores	IR, Magnetic Encoder
Controlador	Teensy 3.6
Simulador	Gazebo
Bateria	LiPo 1500mAh (7,4V)
Rodas	Solarbotics RW2i Wheel
Motor	DC-Motor 650RPM 2,35Nm(6V)
User Interface	LEDs
Outros	documentação no git

Figura 2.4: Especificações do WPISmartMouse.

### Pontos Positivos:

- Provê ferramenta de simulação;
- Documentação disponível no github;
- Possui portabilidade para mais de uma linguagem de programação;

### Pontos Negativos:

- Não possui suporte nativo para ambiente ROS;
- Pouca variedade de sensores;
- Não possui guia do usuário;
- Poucos recursos na interface com o usuário;

### 2.4.3 Kumamoto National College

O Instituto Nacional de Tecnologia de Kumamoto, *Kumamoto National College*, apresentou no ano de 2008 um projeto de desenvolvimento de ferramentas educacionais voltada para integração de sistemas e suas implementações. O projeto é direcionado aos seus estudantes do 5º ano de engenharia, através da produção de um *micromouse* para a competição do ramo de *Kyushu*.

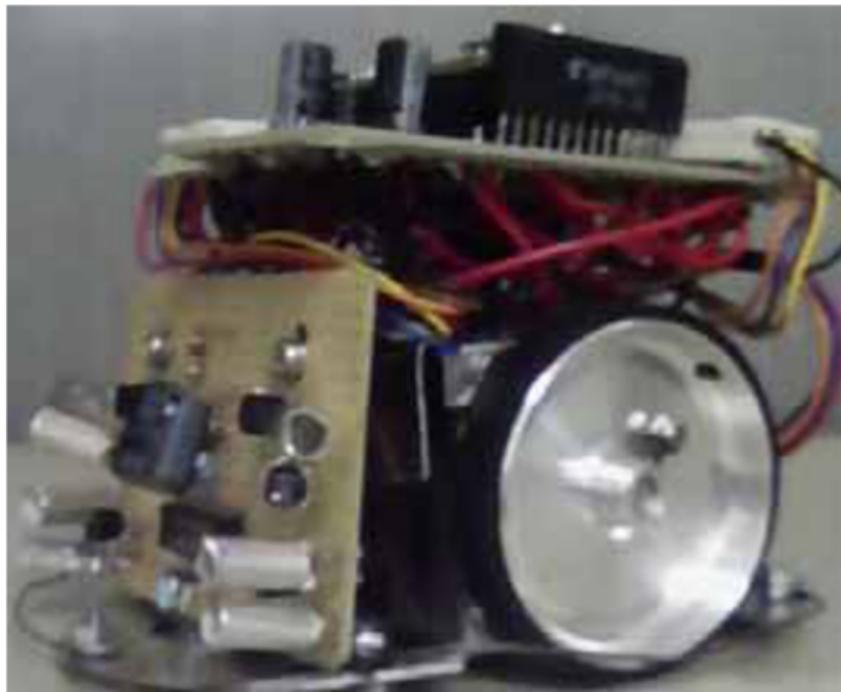


Figura 2.5: Kumamoto.

O hardware do robô foi bastante simplificado, visando facilitar o desenvolvimento pelos estudantes ainda não familiarizados com a robótica e eletrônica, além de buscar reduzir os custos de produção do robô. Como ferramenta educativa, o projeto conseguiu que seus estudantes produzissem o *micromouse* em um semestre de atividades. Contudo, conceitos da robótica (ex: robótica móvel, fusão de sensores, visão, navegação) não foram trabalhados ou não foram citados no artigo gerado a partir do projeto.

<b>Kumamoto National College</b>	
Fabricante	Kiyoteru Hayama and Tsutomu Matsumoto
Ano	2008
Linguagem	C
Sensores	IR
Controlador	H8Tiny-3664
Simulador	-
Bateria	LiPo 900mAh (7,4V)
Rodas	wheels, tires
Motor	Step Motor 0,78Nm (5,6V)
User Interface	LEDs
Outros	Documentação em artigo

Figura 2.6: Especificações do Kumamoto.

### Pontos Positivos:

- Projeto com fins educacionais;
- Fácil desenvolvimento;

### Pontos Negativos:

- Não possui suporte nativo para ambiente ROS;
- Pouca variedade de sensores;
- Não possui guia para usuário;
- Poucos recursos na interface com o usuário;
- Não possui nenhuma ferramenta de simulação;

#### 2.4.4 WolfieMouse

O WolfieMouse é um projeto de robótica que desenvolveu um *micromouse* para competir na *2018 Region 1 Robotics Competition*.

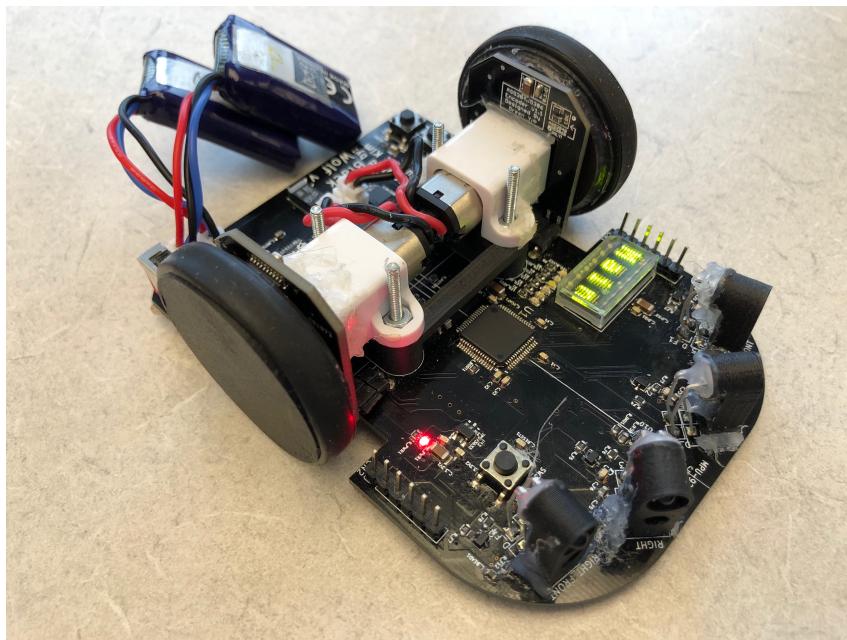


Figura 2.7: WolfieMouse.

Além da plataforma robótica, que conta com hardwares programados em baixo nível, para melhor otimização de seus controles, a equipe também realizou um ambiente de simulação baseado em C++ emulado no terminal do computador. Toda documentação foi

disponibilizada em um repositório git, que também possui tutoriais para o desenvolvimento do robô.

<b>WolfieMouse</b>	
Fabricante	Bryant Gonzaga, Bum Kim, Hyun Choi
Ano	2018
Linguagem	C++, C, ARM Assembly, Python
Sensores	MPU, ToF, Magnetic Encoder
Controlador	STM32
Simulador	Terminal-based
Bateria	*
Rodas	*
Motor	DC-Motor
User Interface	DMD 5x7, buttons
Outros	documentação e tutoriais no git

Figura 2.8: Especificações do WolfieMouse.

### Pontos Positivos:

- Projeto bem documentado;
- Possui tutoriais;
- Possui ambiente de simulação;

### Pontos Negativos:

- Não possui suporte nativo para ambiente ROS;
- Pouco foco em finalidades educativas com o produto;
- Não possui guia para usuário;
- Poucos recursos na interface com o usuário;

### 2.4.5 Raspberry Pi Mouse V2

A RT Corporation Micromouse é uma desenvolvedora japonesa de plataformas robóticas voltada para aplicações voltadas de pesquisas à hobistas. Um de seus segmentos é vol-

tado para *micromouse*, fortemente representado pelo seu produto Raspberry Pi Mouse V2, citado em "Learning ROS robot programming with Raspberry Pi" (Nikkei BP, June 2018).

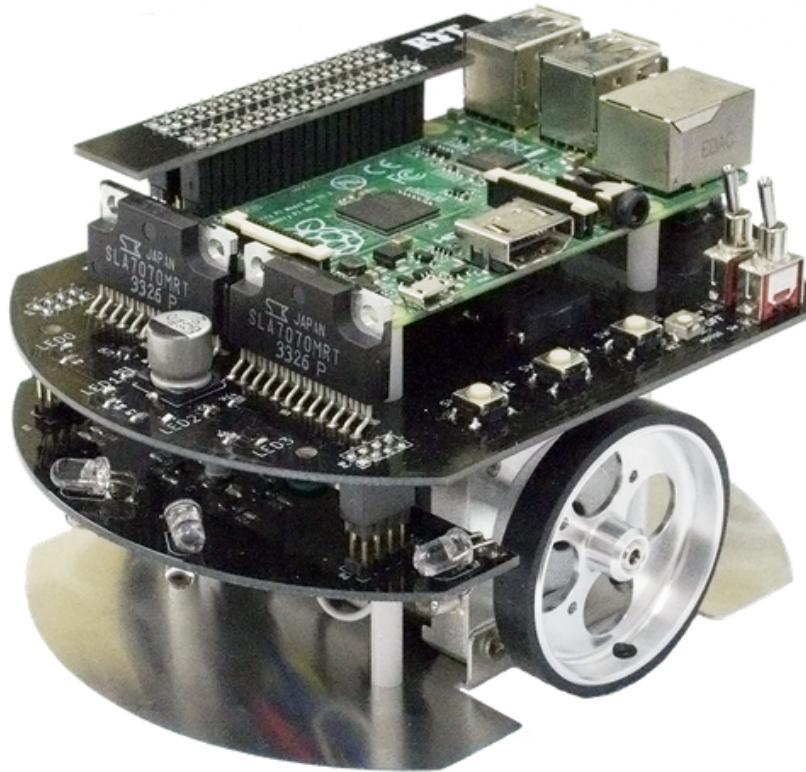


Figura 2.9: RaspiMouse.

O modelo citado, é um robô de plataforma baseado em *micromouse* que utiliza uma Raspberry Pi como sua placa principal. Dessa forma o robô pode ser controlado pelos principais middleware de robótica (ROS/RTM), possuindo inclusive pacotes publicados na wiki do ROS voltados para navegação e simulação do *micromouse*;

<b>Raspberry Pi Mouse V2</b>	
Fabricante	RT Corporation
Ano	2016
Linguagem	Python, Shell
Sensores	IR
Controlador	RaspberryPi3
Simulador	Gazebo
Bateria	LiPo 1000mAh (7,4V)
Rodas	wheels, tires
Motor	Step-Motor 400step/rev (4 fases)
User Interface	Terminal, LEDs, Botão, Buzzer
Outros	documentação no git, mas em japonês

Figura 2.10: Especificações do RaspiMouse.

### Pontos Positivos:

- Projeto bem documentado;
- Disponível no Github;
- Possui tutoriais;
- Possui ambiente de simulação;
- Suporte aos principais middleware de robótica (ROS/RTM);
- Possui pacotes do ROS para seu controle;
- Plataforma é expansível;

### Pontos Negativos:

- Toda documentação do produto está em japonês;
- O robô é pouco compacto;

### 2.4.6 Matriz de Comparação

ÁREA	PESO	RECURSO	PESO	GreenGiant	Kumamoto National College	Smartmouse	WolfieMouse	Raspberry Pi Mouse V2
Documentação	1	Documentação Disponível	1	0,5	0,75	0,75	0,75	0,25
		Enfoque Educacional	1	0	1	0	0	1
		Tutoriais	1	0	0	0,25	0,75	1
Middleware	1	Suporte a RTM	0,7	0	0	0	0	1
		Suporte a ROS	1	0	0	0	0	1
Ambiente de Simulação	0,8	Realiza Simulação	1	0	0	1	1	1
		Suporte a Pybullet	0,5	0	0	0	0	0,5
		Suporte a V-Rep	0,5	0	0	0	0	0,5
		Suporte a Gazebo	1	0	0	1	0	1
Linguagem	0,5	Programado em C/C++	1	1	1	1	1	0,2
		Programado em Python	1	0	0	1	1	1
User Interface	0,5	Display	0,8	1	0	0	1	0
		LEDs	0,2	1	1	1	0	1
		Buzzer	0,2	0	0	0	0	1
		Botões	0,2	1	0	0	1	1
		Sistema de Diagnóstico	1	0	0	0	0	1
Sensores	0,5	IR	0,2	1	1	1	1	1
		MPU	0,2	1	0	0	1	0
		ToF	0,2	0	0	0	1	0
		IMU	0,8	0	0	0	0	0
Expansível	0,8	Plataforma é Facilmente Expansível	1	0	0	0	0	1
Somatório: <span style="float: right;">8,25</span>								
<span style="float: left;">1,8</span> <span style="float: right;">4,1</span>								
<span style="float: left;">2,45</span> <span style="float: right;">3,8</span>								

Figura 2.11: Matriz de Comparação.

## 2.5 Assunto 2

flkjjasdlkfjjasdlkfjs

---

## Materiais e Métodos

---

asdfasdfsdf

### **3.1 Metodologia**

adadfasf

### **3.2 Descrição do sistema**

lasdjflsadjf

#### *3.2.1 Especificação técnica*

lakjfldksjfdslakjf

#### *3.2.2 Arquitetura geral do sistema*

lkasjdflksdajflk;

#### *3.2.3 Arquitetura de software*

### **3.3 Desdobramento da função qualidade**

asdfsdafsf

### 3.3.1 Requisitos do cliente

asdfsadfsdf

### 3.3.2 Requisitos técnicos

asdfsadfsdf

## **3.4 Especificação dos componentes**

asjdfkldjsaf

### 3.4.1 Estrutura analítica do protótipo

asdkjfsdalkjf

### 3.4.2 Lista de componentes

asfkjdsahfkjs

## **3.5 Diagramas mecânicos**

asdfsdaf

## **3.6 Modelo esquemático de alimentação e comunicação**

asdfadsfsdfs

### 3.6.1 Diagramas elétricos

asdfsda

### 3.6.2 Esquemas eletrônicos

asdfsda

## **3.7 Especificação das funcionalidades**

asdfadsfsdfs

### 3.7.1 Fluxo das informações

asdfsaf

### 3.7.2 Funcionalidade 1

asdfsaf

### 3.7.3 Funcionalidade 2

asdfsaf

### 3.7.4 Funcionalidade 3

asdfsaf

### ***3.8 Interface do Usuário***

asdfadsfsdfs

### ***3.9 Simulação do sistema***

asdfadsfsdfs

## Resultados

asdfdsfdsf

### 4.1 Testes unitários

asdfadfsdfs

### 4.2 Integração do sistema

hhajshfdsahf

### 4.3 Testes integrados

asdfadfsdfs

### 4.4 Avaliação da prontidão tecnológica

asdfadfsdfs

### 4.5 Trabalhos futuros

asdfadfsdfs

---

## 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.

---

Apêndice A

---

---

**QFD**

---

---

## Diagramas mecânicos

---

---

## Diagramas eletro-eletrônicos

---

---

## Wireframes

---

---

## Logbook

---

---

## Referências Bibliográficas

---

BARABÁSI, A. L. *Linked: A Nova Ciência dos Networks*. São Paulo: Leopardo Editora, 2003. [1](#)

NEWMAN, A.-L. B. M.; WATTS, D. J. *The Structure and Dynamics of Networks*. Princeton, NJ, USA: Princeton University Press, 2006. [1](#)

WATTS, D. J. *Six Degrees: The Science of a Connected Age*. New York: W W Norton & Co., 2003. [1](#)