

# Projeto e implementação de robô autônomo seguidor de linha

**Willian Americano Lopes**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco  
DAINF - Departamento Acadêmico de Informática

Orientador: Professor Fábio Favarim  
Co-orientador: Professor César Rafael claire Torrico

walopes23@gmail.com  
{favarim,torrico} @utfpr.edu.br

05 de dezembro de 2017

# Sumário

## 1 Introdução

- Justificativa

## 2 Materiais

## 3 Desenho e implementação

- Projeto do *hardware*
- Projeto do controlador de SED
- Projeto do sistema de mapeamento
- Função de transferência do veículo
- Projeto do controlador de tempo contínuo

## 4 Resultados

- Projeto e implementação da estrutura mecânica
- Participação em competições
- Teste dos sensores de refletância

## 5 Conclusão

- Industriais
- Médicos
- Móveis
  - Com pernas  
*(legged)*
  - Com rodas  
*(wheeled)*



(a)



(b)

Figura 1: Robôs móveis: (a) Robô Sojourner (NASA,1997);(b) Legged Squad Support System (DYNAMICS,2016)

# Controle de tempo contínuo

- Malha aberta
- Malha fechada
- Controlador
  - Proporcional
  - Integral
  - Derivativa

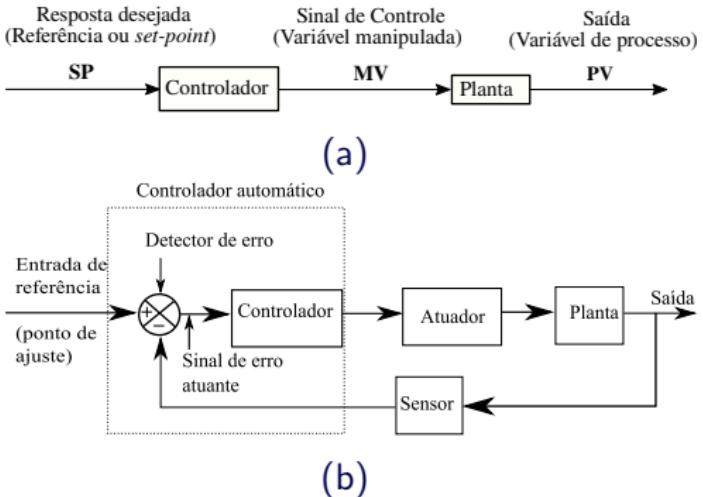


Figura 2: Diagramas de controle: (a) Malha aberta; (b) Malha fechada com controlador

# Controle a eventos discretos

- Eventos discretos
- Autômato
  - Moore
  - Mealy

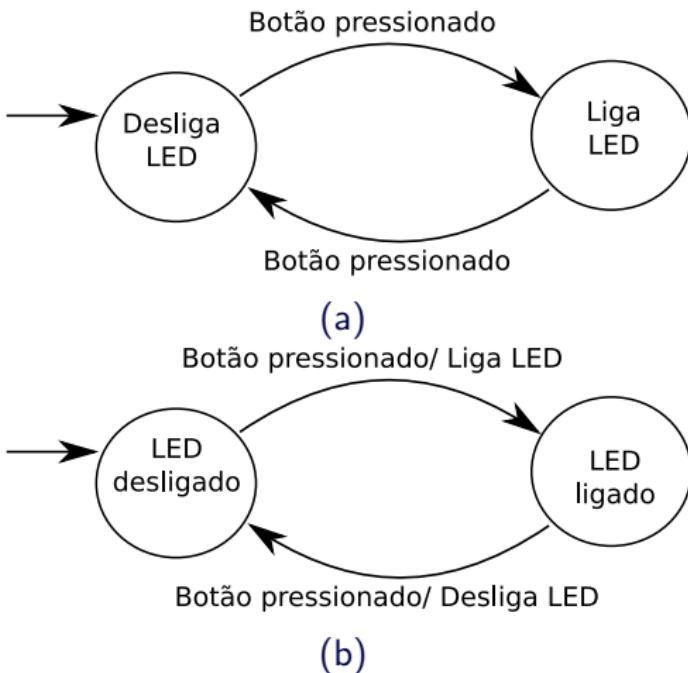
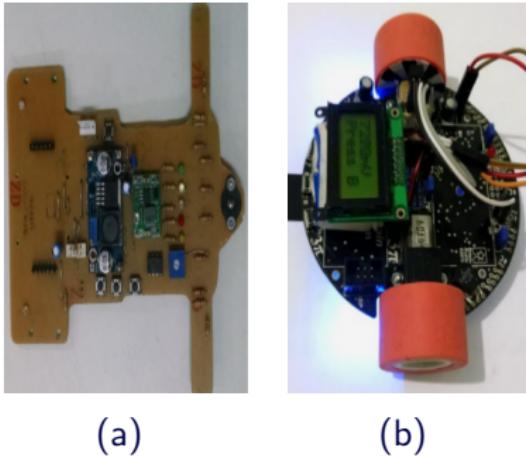


Figura 3: Autômatos: (a) Moore; (b) Mealy  
(CASSANDRAS;LAFORTUNE;2008,p.43)

# Trabalho de Petry (2016)

- Controle híbrido
- Controlador PID
- Lógica *fuzzy*



**Figura 4: Robôs de Petry (2016): (a) Alpha project; (b) Pololu 3pi modificado**

# Blocks of Highlighted Text

## Block 1

  Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Integer lectus nisl, ultricies in feugiat rutrum, porttitor sit amet augue. Aliquam ut tortor mauris. Sed volutpat ante purus, quis accumsan dolor.

## Block 2

  Pellentesque sed tellus purus. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Vestibulum quis magna at risus dictum tempor eu vitae velit.

## Block 3

  Suspendisse tincidunt sagittis gravida. Curabitur condimentum, enim sed venenatis rutrum, ipsum neque consectetur orci, sed blandit justo nisi ac lacus.

# Multiple Columns

## Heading

- 1** Statement
- 2** Explanation
- 3** Example

Lore ipsum dolor sit amet,  
consectetur adipiscing elit.  
Integer lectus nisl, ultricies in  
feugiat rutrum, porttitor sit amet  
augue. Aliquam ut tortor mauris.  
Sed volutpat ante purus, quis  
accumsan dolor.

# Justificativa

- ART ( *Autonomous Rail Rapid Transit* ou Trilho Autônomo de Trânsito Rápido)
- Trem em Zhuzhou (China)



Figura 5: Trem sobre trilhos virtuais  
(DAILYMAIL, 2017)

# Materiais



(a)

# Materiais



(a)



(b)

# Materiais



(a)



(b)

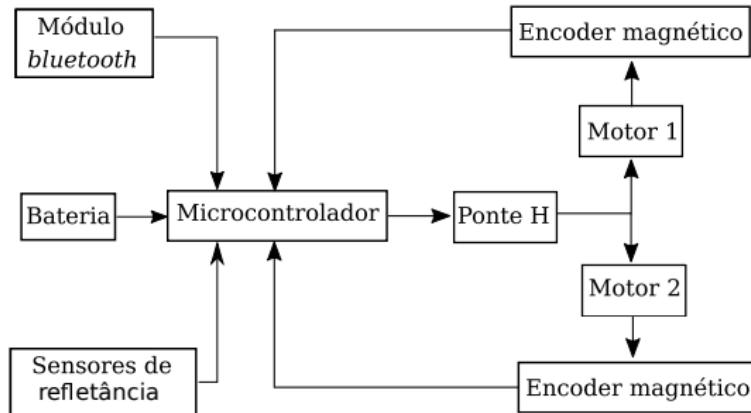


(c)

**Figura 6: Materiais utilizados**

# Desenho e implementação

## Projeto do *Hardware*



**Figura 7: Diagrama de funcionamento do hardware do veículo.**

# Sensores e condicionamento de sinais

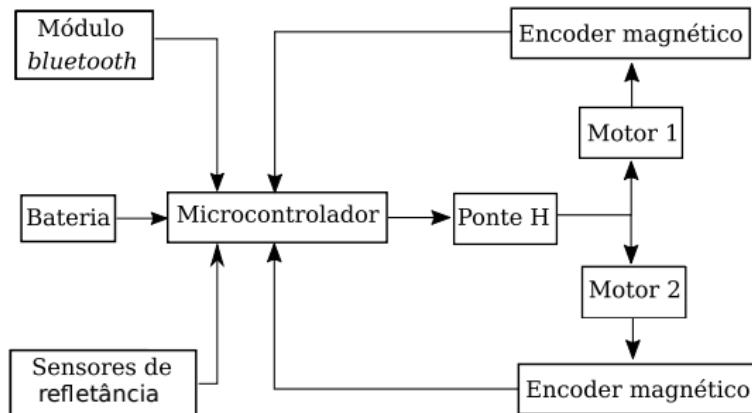


Figura 8: Diagrama de funcionamento do hardware do veículo.

# Test

- One
- Two
- Three

# Sensor de refletância QRE1113

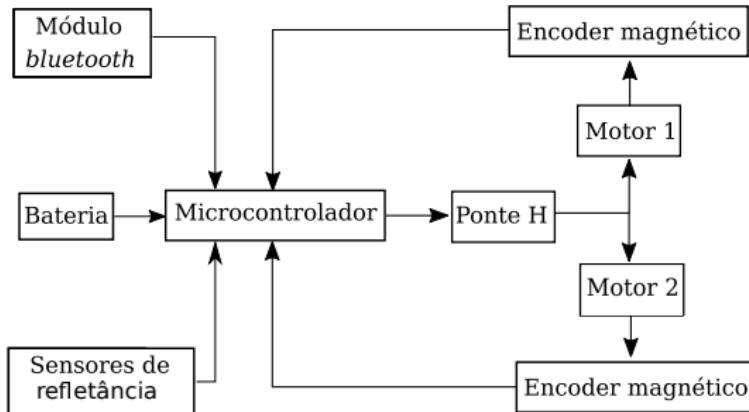


Figura 9: Diagrama de funcionamento do *hardware* do veículo.

# Driver de acionamento TB6612FNG

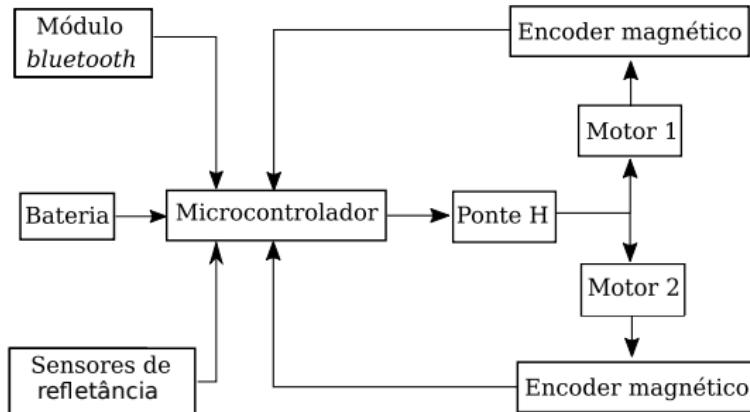


Figura 10: Diagrama de funcionamento do *hardware* do veículo.

# Projeto do controlador de SED

- Modelado pelos softwares Supremica e Deslab
- Autômato de Moore
- Variáveis mapeadas:
  - B1 (botão);
  - AcharDir;
  - PerdeDir;
  - AchaEsq;
  - PerdeEsq.

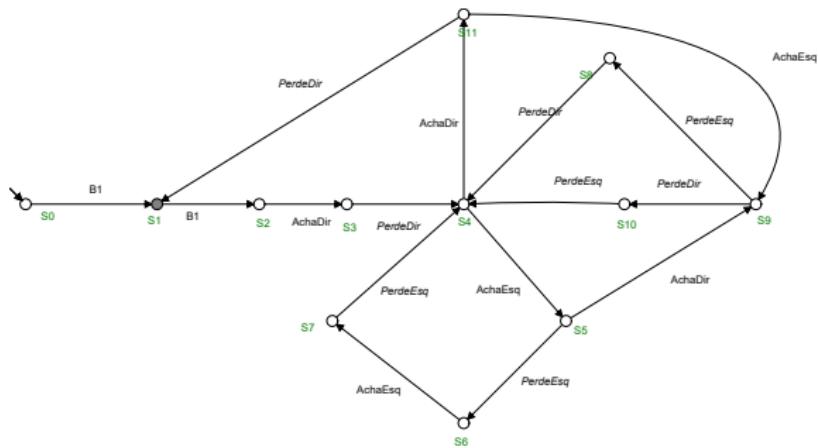


Figura 11: Controlador de SED

# Projeto do sistema de mapeamento

- Armazenamento na memória *flash*
- Contém as seguintes informações:
  - Quantidade de marcações;
  - Início e fim de marcação da direita;
  - Início e fim de marcação da esquerda;

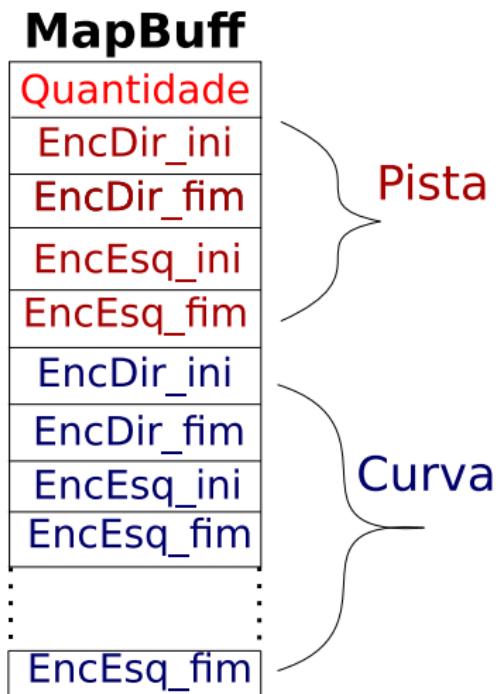


Figura 12: Vetor de armazenamento na flash

# Função de Transferência do veículo

## Aquisição dos valores da planta

- Obtenção da posição
- Mesmo PWM para os motores
- Motores em sentidos opostos
- Informações enviadas via *bluetooth*
- É esperado um gráfico próximo a uma rampa

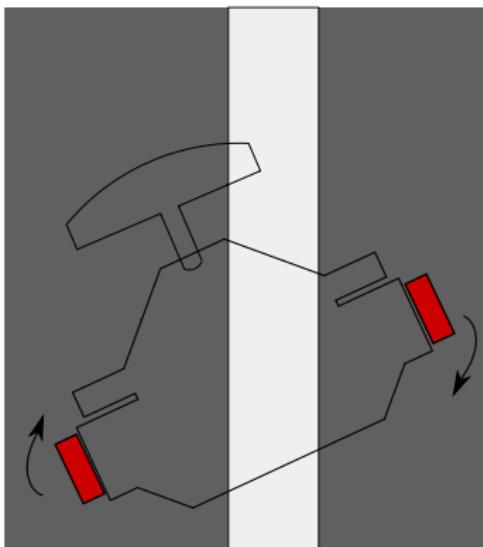


Figura 13: Aquisição dos valores de posição do robô

# Função de Transferência do veículo

## Modelo da função de transferência

Para encontrar a velocidade, deriva-se a posição

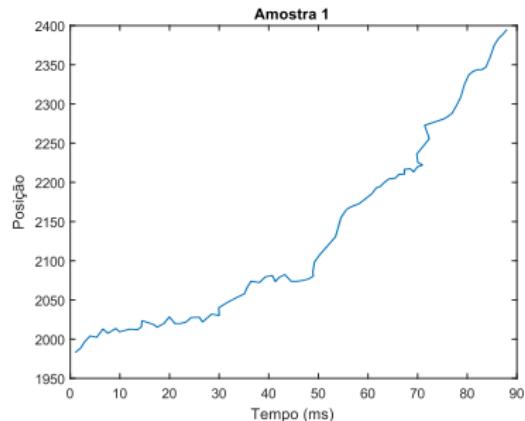


Figura 14: Gráfico da posição obtida

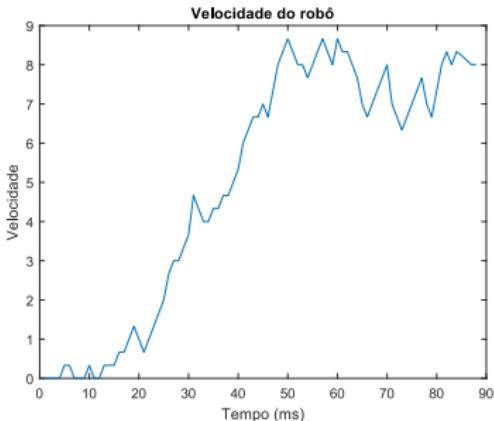


Figura 15: Gráfico da velocidade

# Função de Transferência do veículo

## Modelo da função de transferência

Com o Matlab, verificou-se uma função que mais se aproxima da desejada

- $P2ZU = 0,0054915 \left( \frac{1-0,011087s}{1+0,014889s+0,00023} \right)$
- A função contém 3 polos e 1 zero

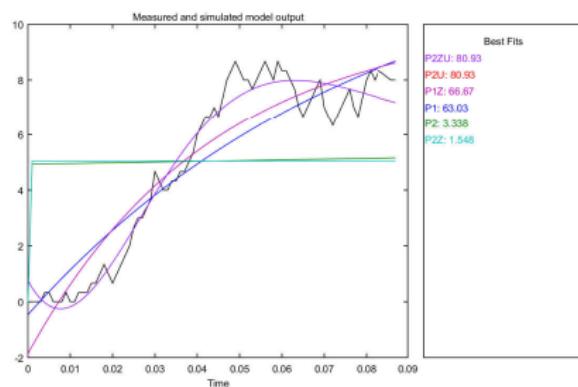


Figura 16: Comparativo feito pelo System Identification

## Modelo da função de transferência

- A função encontrada é relacionada à velocidade
- Para a original, é necessário integrá-la e multiplicá-la pelo ganho
- $FT : 1223\left(\frac{P2Z2}{s}\right)$

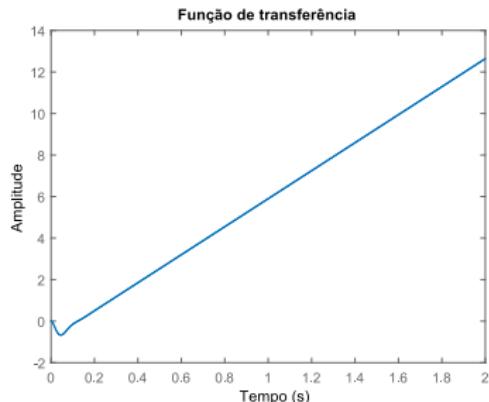


Figura 17: Função de transferência encontrada

# Projeto do controlador de tempo contínuo

- Controlador Proporcional-Derivativo (PD)
- Variável controlada é a posição

$$posicao = \frac{\sum_{n=1}^5 1000(n - 1)V_n}{\sum_{n=1}^5 V_n} \quad (1)$$

$$posicao = \frac{0 * V_1 + 1000 * V_2 + 2000 * V_3 + 3000 * V_4 + 4000 * V_5}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5} \quad (2)$$

## Example (Theorem Slide Code)

```
\begin{frame}
\frametitle{Theorem}
\begin{theorem}[Mass--energy equivalence]
$E = mc^2$
\end{theorem}
\end{frame}
```

- *Hardware* dividido em duas partes:
  - Barra frontal de sensores
  - Chassi (CrazyFrog)



Figura 18: Barra frontal de sensores

lalalala

# Participação em competições

- Participação na FACE e WinterChallenge
- Competições disputadas com o CrazyFrog2
- Problema com os sensores
- Curva do 'S'



Figura 19: Pista do seguidor de linha Pro na WinterChallenge2017

# Teste dos sensores de refletância

- Sensores testados
  - QTR-1A, da Pololu;
  - QRE1113, da China;
  - QRE1113, da Arrow;
  - QRD1114.
- Procedimento para a aquisição

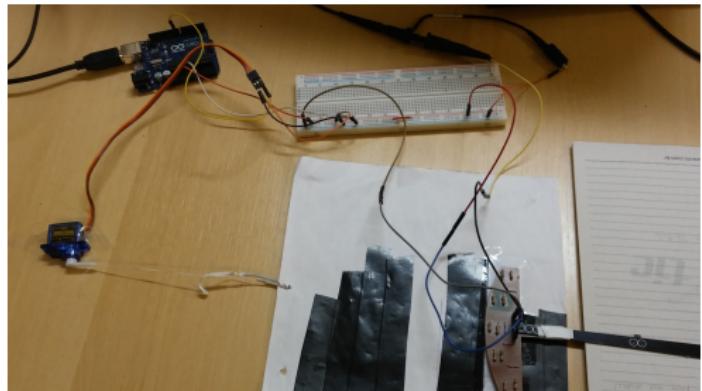


Figura 20: Mecanismo de aquisição do tempo de resposta dos sensores

# Teste dos sensores de refletância

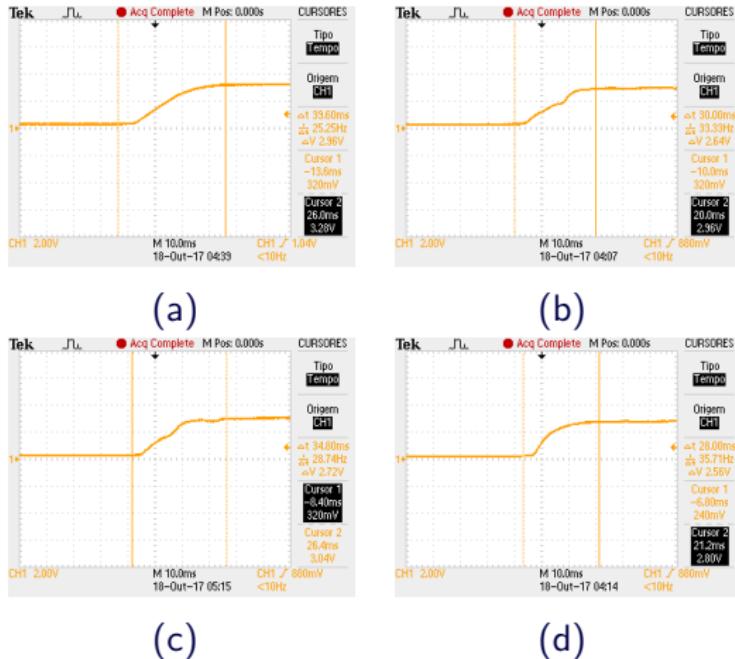


Figura 21: Teste dos sensores a 1mm de distância (a) QRE1113 do Aliexpress; (b) QRE1113 da Arrow; (c) QRD1114; (d) QTR-1A

# Teste dos sensores de refletância

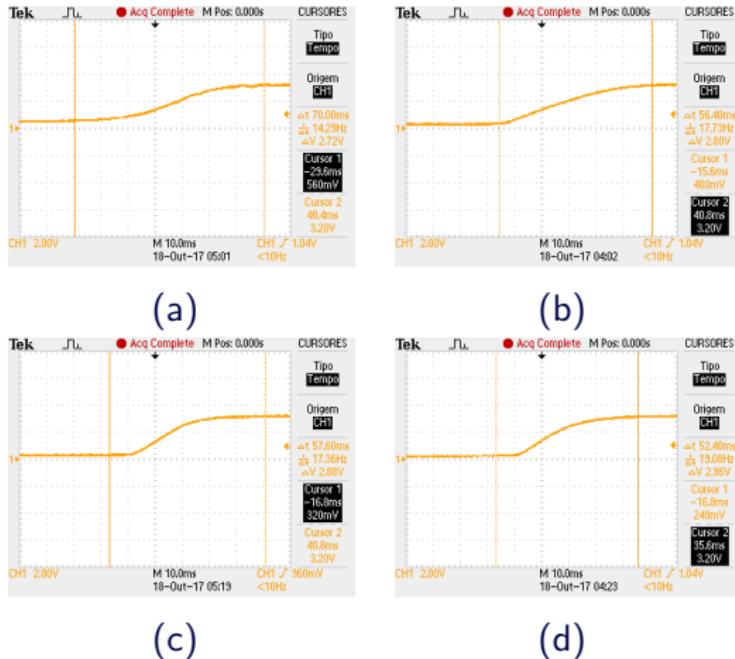


Figura 22: Resposta do sensores a 2 mm de distância: (a) QRE1113 do Aliexpress; (b) QRE1113 da Arrow; (c) QRD1114; (d) QTR-1A

# Referências

DAILYMAIL. **The world's first 'SMART train': [...]**. 2017. Acessado em 01 dez. 2017. Disponível em  
<http://www.dailymail.co.uk/news/peoplestoday/article-5012187/The-world-s-smart-railway-opens-China.html>

# Conclusão

- Importância da participação em competições
- Qualidade inferior dos sensores utilizados
- Desempenho inferior ao esperado
- Melhorias no mapeamento
- Melhorias no controlador de SED

# Projeto e implementação de robô autônomo seguidor de linha

**Willian Americano Lopes**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco  
DAINF - Departamento Acadêmico de Informática

Orientador: Professor Fábio Favarim  
Co-orientador: Professor César Rafael claire Torrico

walopes23@gmail.com  
{favarim,torrico} @utfpr.edu.br

05 de dezembro de 2017