

Sistema de Navegação

Projecto SPIDWHEEL

Ismael Ribeiro Das Neves 990154

Orientação

Alfredo Martins

José Miguel Almeida

Eduardo Silva

Projecto fim de curso

Lic. Eng. Electrotécnica – Electrónica e Computadores



Instituto Superior de Engenharia do Porto 2004

Introdução



Desenvolvimento de um sistema de navegação para um veículo autónomo;

Para operar em ambientes semi-estruturados;

Referencia de partida um robot já existente – Projecto Runner

Objectivos/Requisitos



1. Estudo do trabalho desenvolvido

2. Maximizar o trabalho feito

3. Manter a filosofia de programação e desenvolvimento

Facilmente reprogramavel

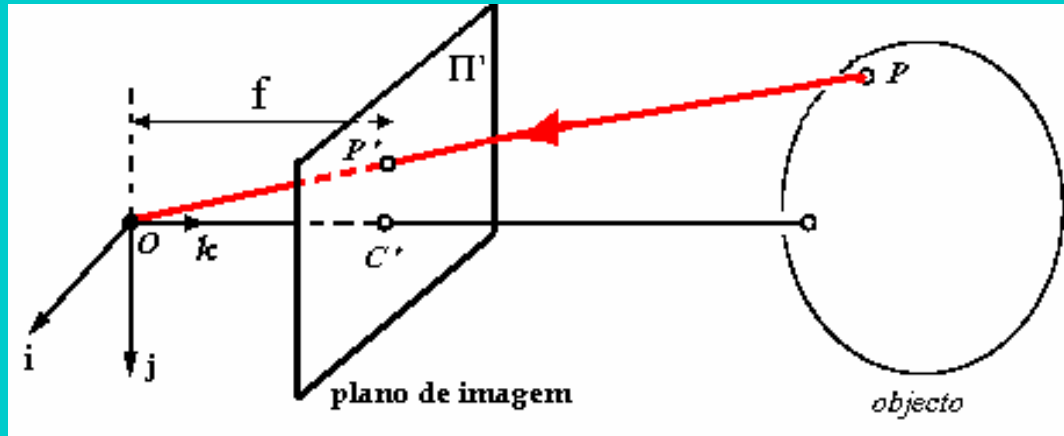
Codigo modular/expansivel

Nada de "*Hard code*"

4. Criar capacidade de detecção de inventos externos



- Modelo da câmara

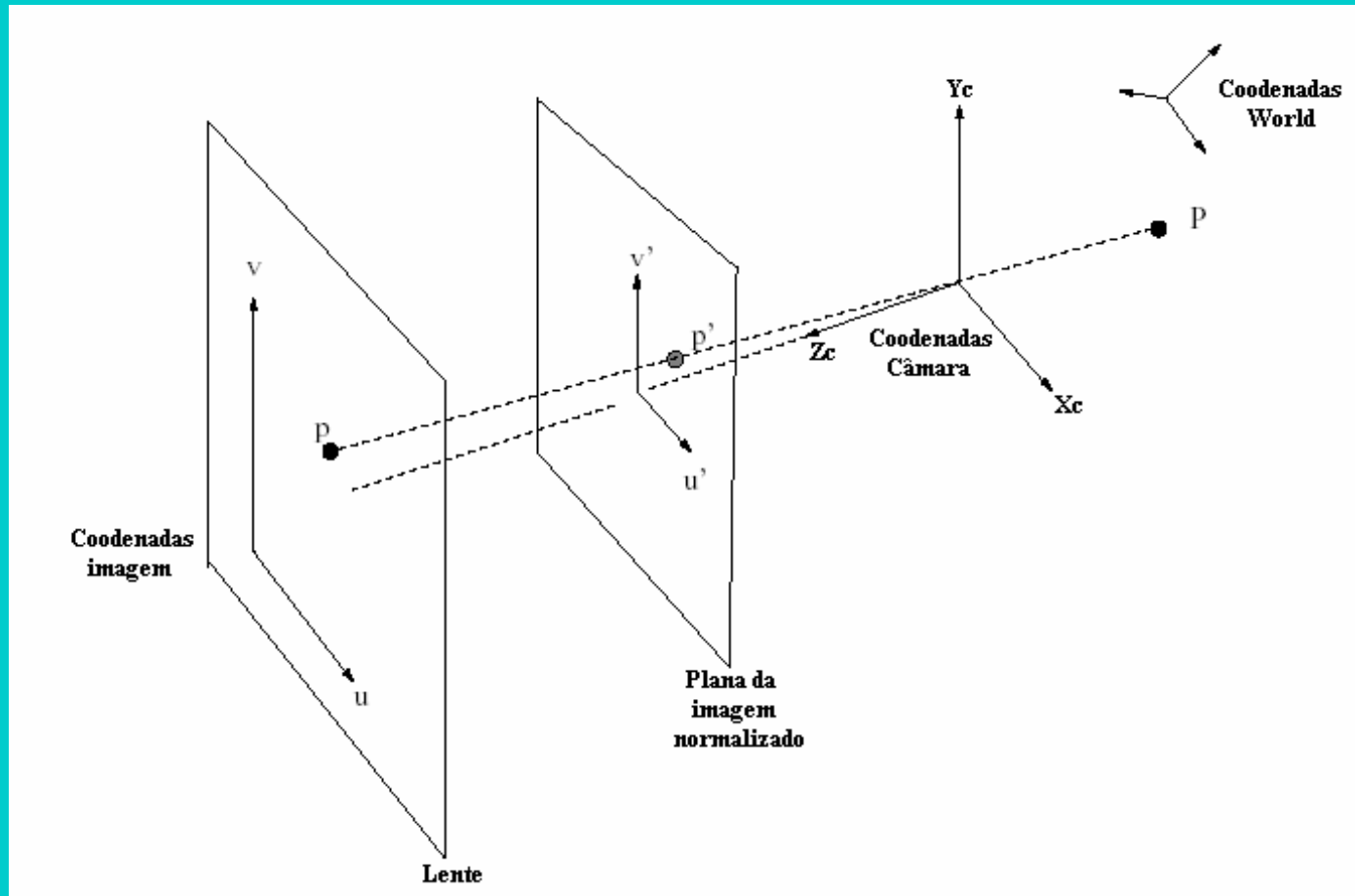


$$\begin{cases} x' = f \frac{x}{z} \\ y' = f \frac{y}{z} \end{cases}$$

- projecção em perspectiva segundo *pinhole*

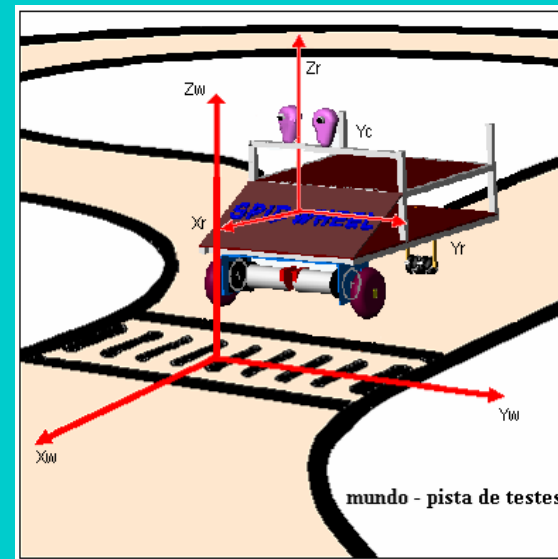
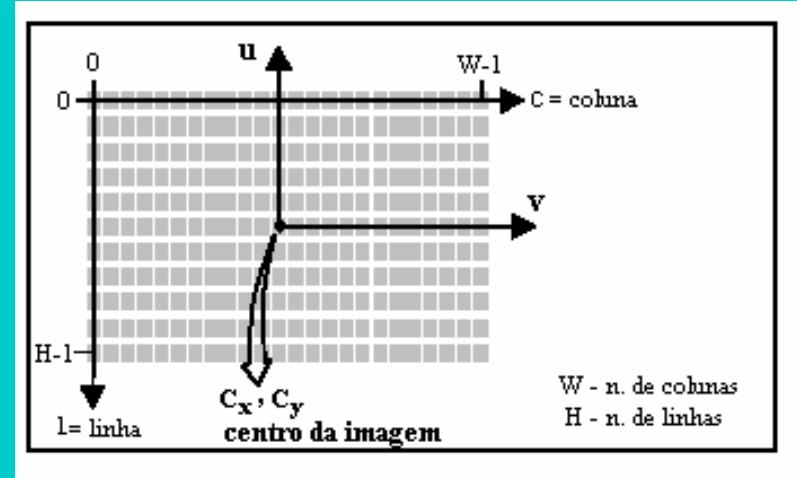
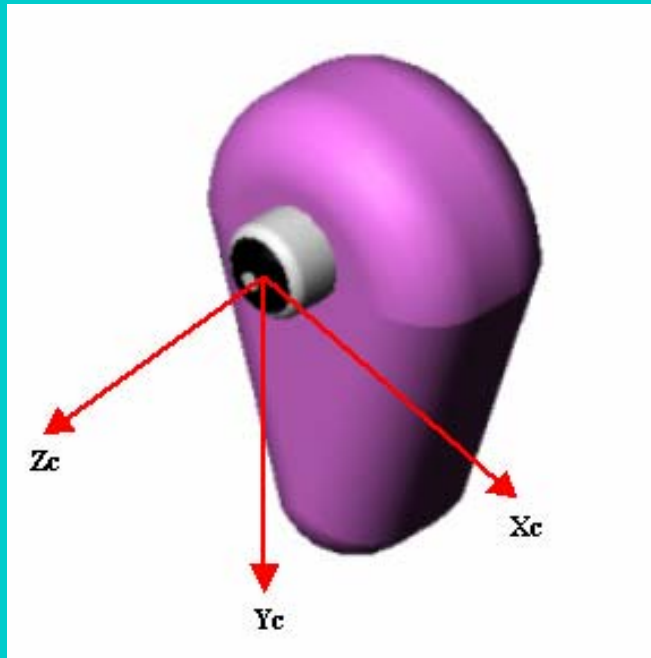


■ Referenciais





Referencias continuação





■ Mudança de referencial

A representação do ponto P_w no referencial da câmara (P_c) é dado pelas seguintes equações:

$$P_c = R * P_w + T \quad \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{bmatrix}$$

$$u = f \frac{X_c}{Z_c}$$

$$u = \frac{m_{11}X_w + m_{12}Y_w + m_{13}Z_w + T_1}{m_{31}X_w + m_{32}Y_w + m_{33}Z_w + T_3}$$

$$v = f \frac{Y_c}{Z_c}$$

$$v = \frac{m_{21}X_w + m_{22}Y_w + m_{23}Z_w + T_2}{m_{31}X_w + m_{32}Y_w + m_{33}Z_w + T_3}$$

$$xp = fc1 * (xd + \alpha_c * yd) + cc1$$

$$yp = fc2 * yd + cc2$$



■ Hometria

- Incremento da posição

$$\Delta D_k = \frac{\Delta D_{kR} + \Delta D_{kL}}{2}$$

- Incremento da orientação

$$\Delta \Phi_k = \frac{\Delta D_{kR} - \Delta D_{kL}}{b}$$

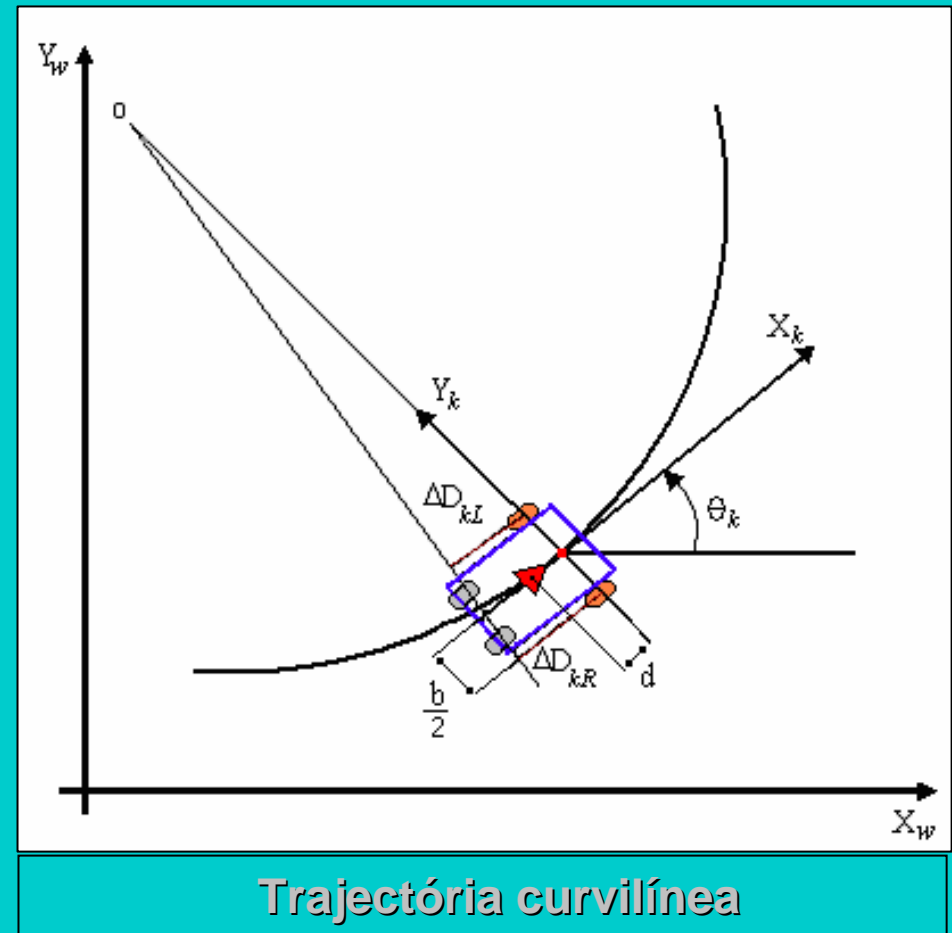
- Posição e Orientação

$$x_{k+1} = x_k + \Delta s_k \cos\left(\theta_k + \frac{\Delta \theta_k}{2}\right)$$

$$y_{k+1} = y_k + \Delta D_k \sin\left(\theta_k + \frac{\Delta \theta_k}{2}\right)$$

$$\theta_{k+1} = \theta_k + \Delta \theta_k$$

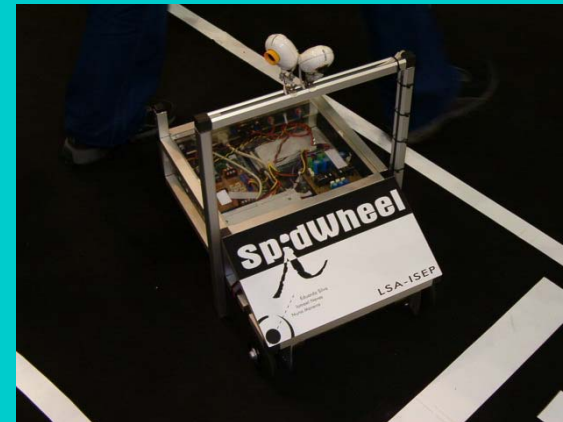
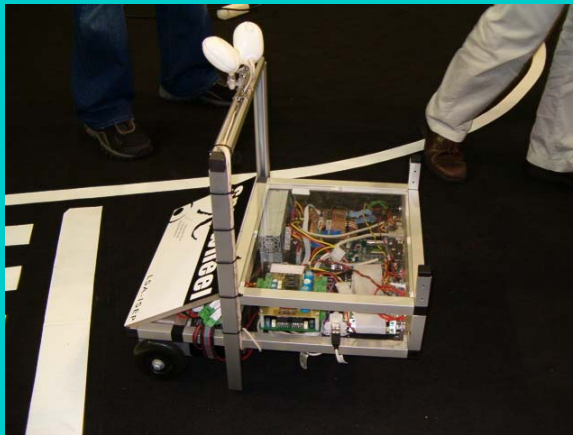
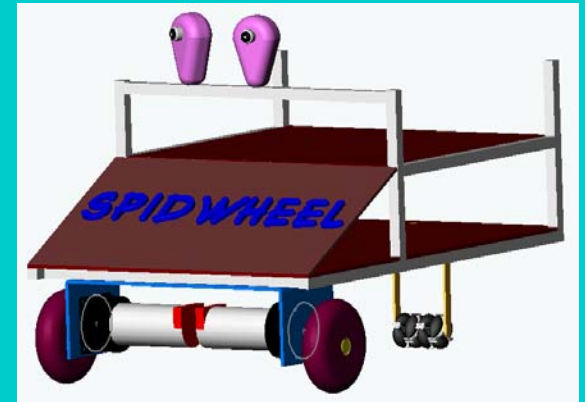
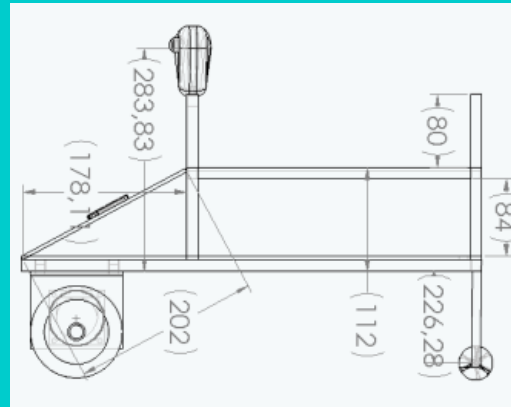
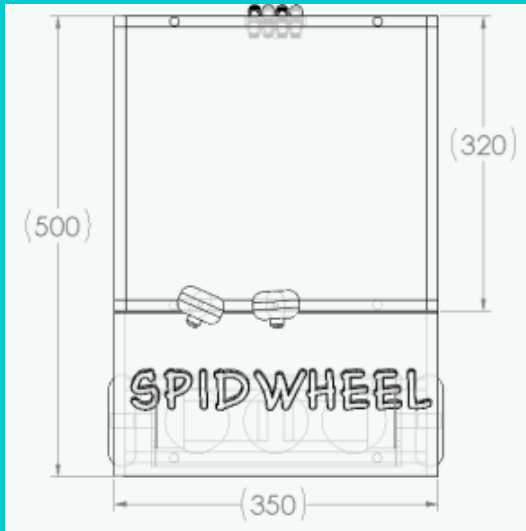
$$\Delta s_k = \Delta D_k \cdot \frac{\sin\left(\frac{\Delta \theta_k}{2}\right)}{\frac{\Delta \theta_k}{2}}$$



Implementação



- Plataforma de desenvolvimento

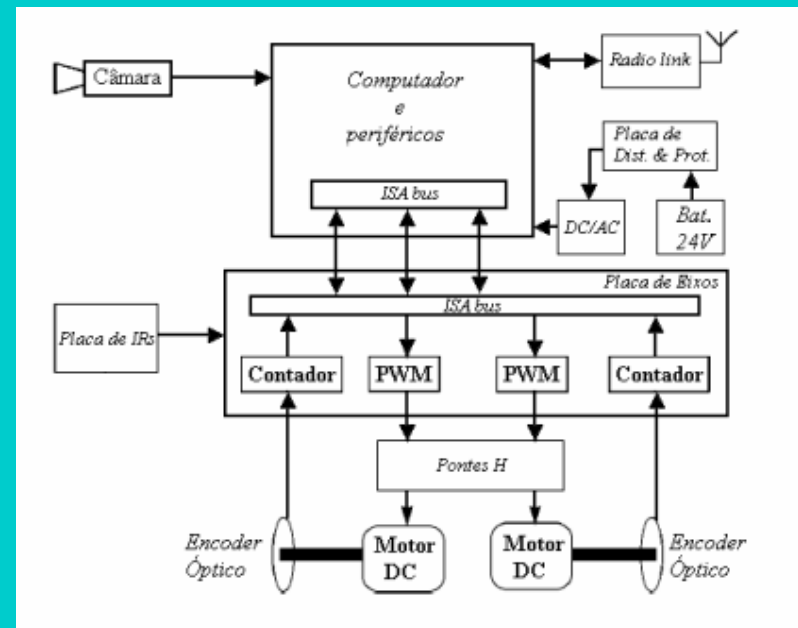


Implementação



■ Arquitectura de hardware

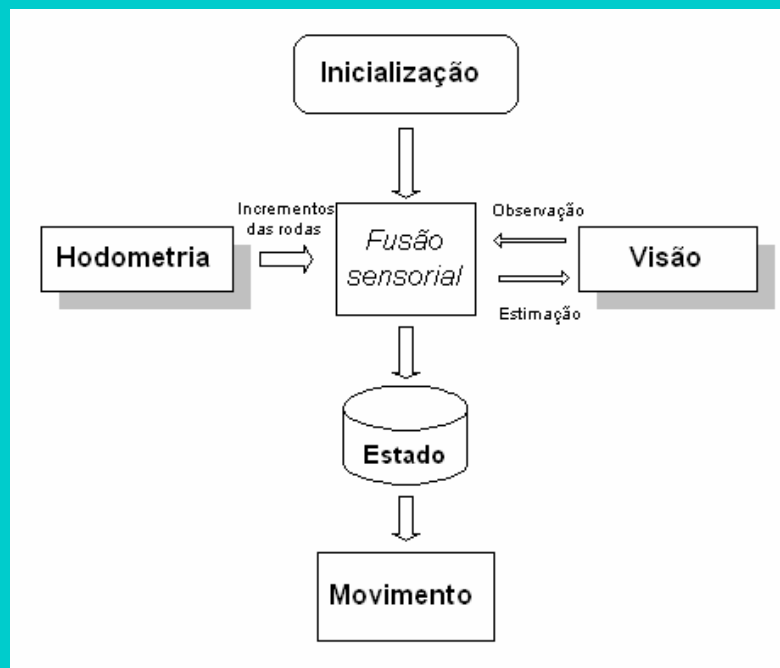
- Computador
- Câmara
- Radiolinks
- Motores DC c/ encoders ópticos
- Pontes H
- Placa de Eixos
- Baterias
- Conversor DC/DC



Implementação



■ Arquitectura de Software

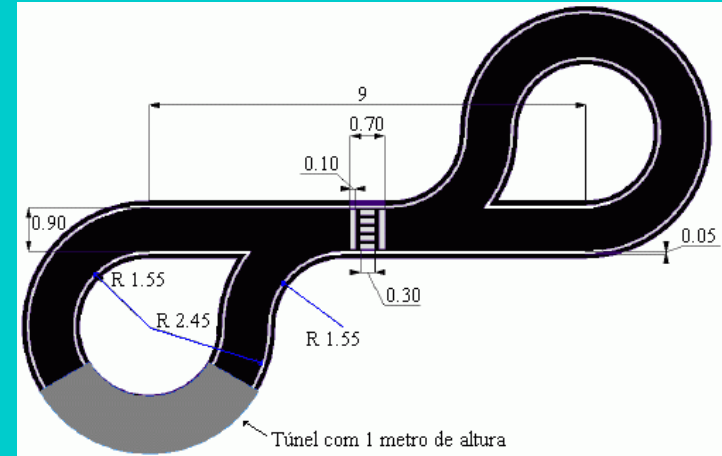


Implementação



■ Cenário

- Prova de condução autónoma
- Forma de “oito”
- Linhas limites brancas
- Fundo Preto
- Semáforos
- Túnel



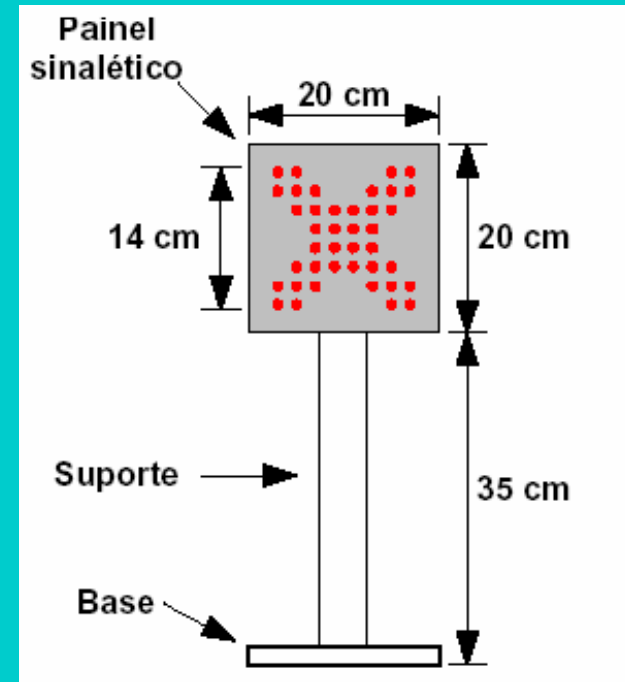
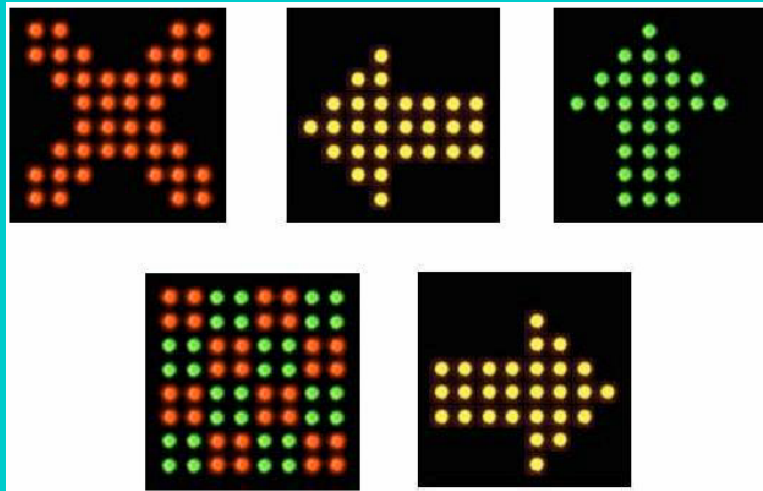
- Pista de testes – ISEP
- Menor dimensão
- Linhas limites pretas
- Fundo claro



Implementação



Algoritmo de reconhecimento do semaforo



Implementação



Algoritmo de visão em perspectiva

$$P_c = R_c * P_{xa} + T_c$$

$$\Leftrightarrow \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ z_w \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} t_{c1} \\ t_{c2} \\ t_{c3} \end{bmatrix}$$

$$m_{12} = \sin \omega \sin \varphi \cos \kappa - \cos \omega \sin \kappa$$

$$m_{22} = \sin \omega \sin \varphi \sin \kappa + \cos \omega \cos \kappa$$

$$m_{13} = \cos \omega \sin \varphi \cos \kappa + \sin \omega \sin \kappa$$

$$m_{23} = \cos \omega \sin \varphi \sin \kappa - \sin \omega \cos \kappa$$

$$m_{33} = \cos \omega \cos \varphi$$

$$m_{11} = \cos \varphi \cos \kappa$$

$$m_{21} = \cos \varphi \sin \kappa$$

$$m_{31} = -\sin \varphi$$

$$m_{32} = \sin \omega \cos \varphi$$

ω - angulo segundo orientação em x

φ - " " " " y

κ - " " " " z



Resultados

- **Tempo da rotina de identificação do semáforo**

Em média 7.27usec

- **Tempo da rotina de visão em perspectiva**

Em média 389,9usec

Resultados



Rotina de identificação do semáforo

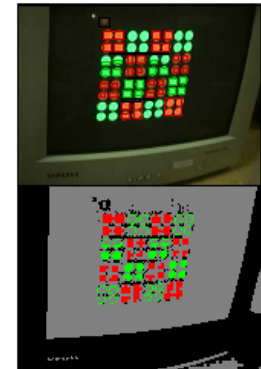
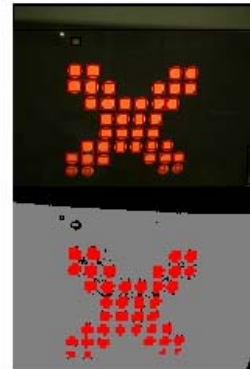
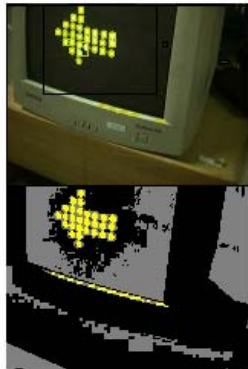
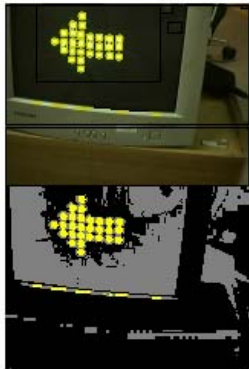


Figura 1

Figura 2

Figura 3

Figura 4

Figura 5

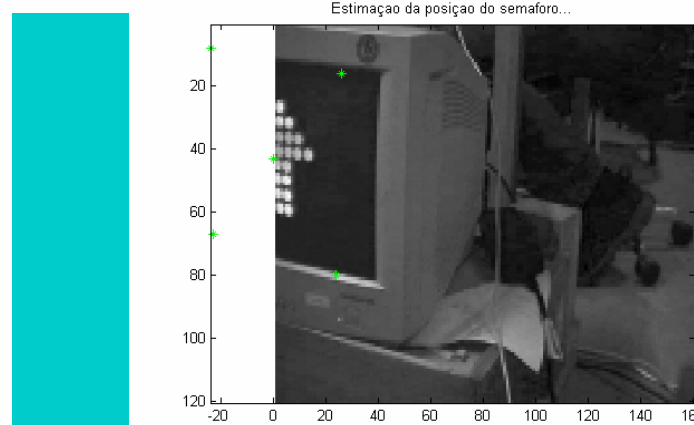
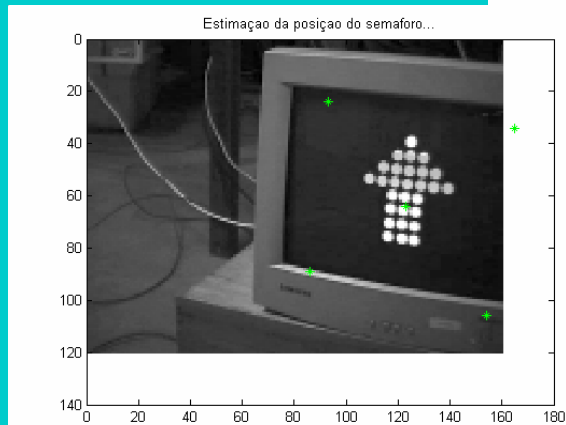
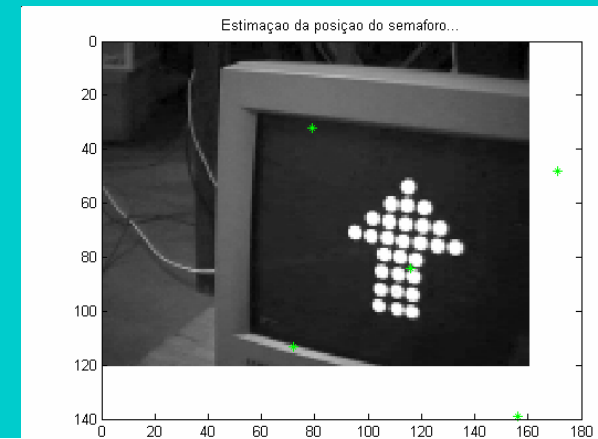
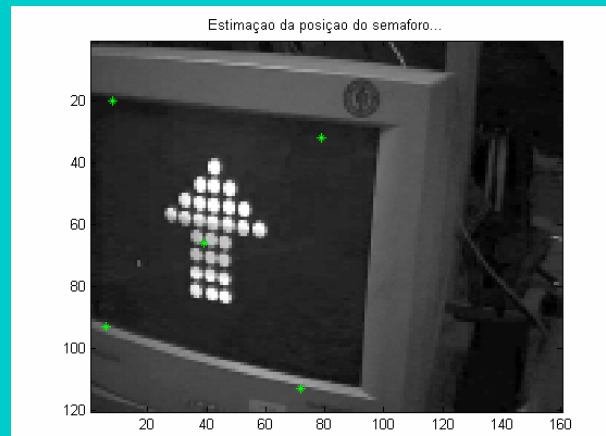
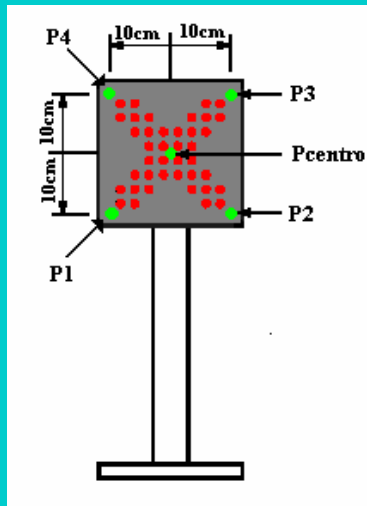
Figura 6

Figura	Coordenada x robot (cm)	Coordenada y robot (cm)	Angulo do robot (rad)
1	22,1	-3,52	5.805603
2	-20	0	0
3	-22	0	- 0,785398
4	-11	-4,5	0,785398
5	-5,5	14	0,5235987
6	24	-10,5	5.3024743

Resultados



Rotina de visão em perspectiva

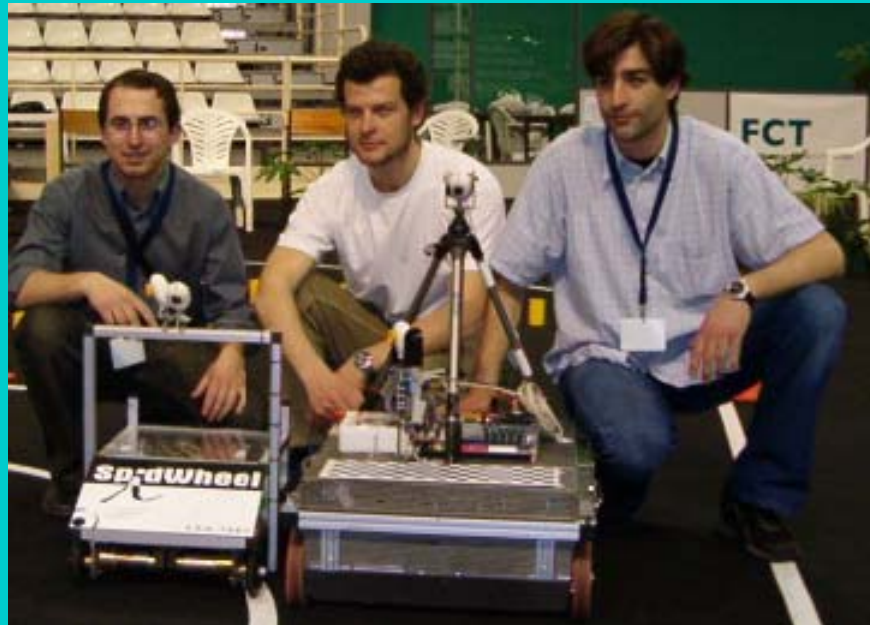


Conclusões



Foi abordado o problema da navegação, e a detecção de inventos relevantes para o comprimento de uma missão

- Para a resolução deste problema, foram desenvolvido novos sistemas de aquisição
- Os resultados obtidos do desempenho do sistema são satisfatórios
- O trabalho pode ser testado em ambiente operacional nomeadamente no Festival Nacional de Robótica 2004



Ismael Ribeiro Das Neves

e990154@dee.isep.ipp.pt

<http://ww.dee.isep.ipp.pt/~e990154>