

**SEMANA ACADÊMICA DA INFORMÁTICA  
UNIINFO - Outubro 2002**

## Controle Inteligente de Robos Móveis: Aplicações da Inteligência Artificial nas Pesquisas em Robótica

**Fernando Osório** - osorio@exatas.unisinos.br  
**Farlei Heinen** - farlei@exatas.unisinos.br

**Colaboradores:**

**Adelmo Cechin** - cech@exatas.unisinos.br  
**Christian Kelber** - kelber@eletrica.unisinos.br  
**Adiléa Wagner** - adilea@exatas.unisinos.br



GIA / PIPCA



**UNISINOS**

Mestrado em Computação Aplicada - PIPCA

Web: [Http://www.pipca.unisinos.br/](http://www.pipca.unisinos.br/)

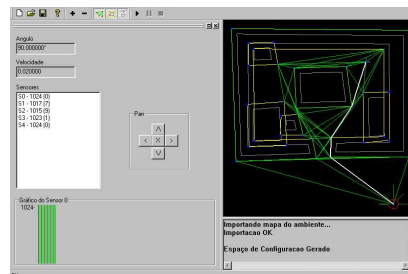
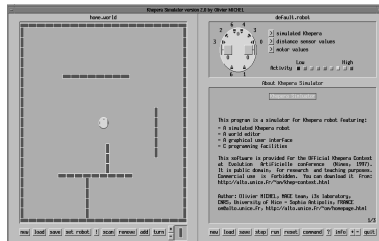
Grupo de inteligência Artificial - PIPCA - Unisinos

Web: [Http://www.inf.unisinos.br/~osorio/](http://www.inf.unisinos.br/~osorio/)

## GIA-PIPCA Robótica Inteligente

**Temas Principais:**

- Tipos de Robôs
- Sensores e Atuadores
- Inteligência & Robôs
- Modelos Sensoriais
- Modelos Cinemáticos
- Controle Robótico:
  - Controle Reativo
  - Controle Deliberativo
  - Controle Hierárquico
- Mapas do Ambiente:
  - Construção de Mapas
  - Planejamento de Trajetórias
  - SMPA - *Sense Model Plan Act*
- Problemas:
  - Desvio de Obstáculos
  - Posicionamento
- Soluções: Controle Robusto Híbrido
- Simulação - SimRob3D



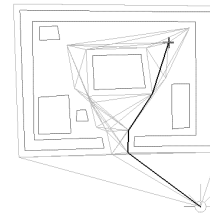
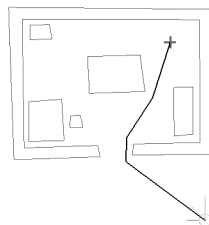
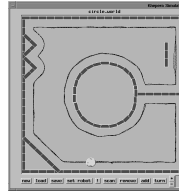
## GIA-PIPCA Robótica Inteligente

### Temas Principais:

- Tipos de Robôs
- Sensores e Atuadores
- Inteligência & Robôs
- Modelos Sensoriais
- Modelos Cinemáticos
- **Controle Robótico:**
  - Controle Reativo
  - Controle Deliberativo
  - Controle Hierárquico
- **Mapas do Ambiente:**
  - Construção de Mapas
  - Planejamento de Trajetórias
  - SMPA - *Sense Model Plan Act*
- **Problemas:**
  - Desvio de Obstáculos
  - Posicionamento
- Soluções: Controle Robusto Híbrido
- Simulação - SimRob3D

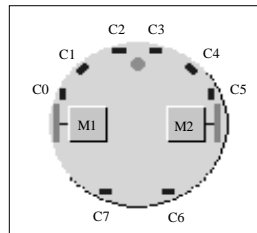


The rover goes a little too far and begins to climb Yogi (NASA)



## Robótica Inteligente Sistemas de Controle

1. Controle Reativo
2. Controle Deliberativo
3. Controle Hierárquico

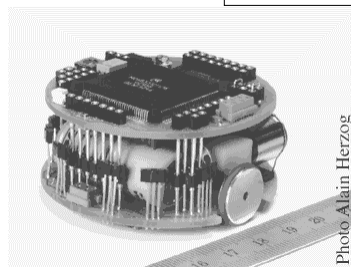


### Controle Reativo

IF S1 < Limite and  
S2 < Limite and  
S3 < Limite and  
S4 < Limite  
THEN Action (Go\_Forward)

IF S1 < Limite and  
S2 < Limite and  
S3 > Limite and  
S4 > Limite  
THEN Action(Turn\_Left)

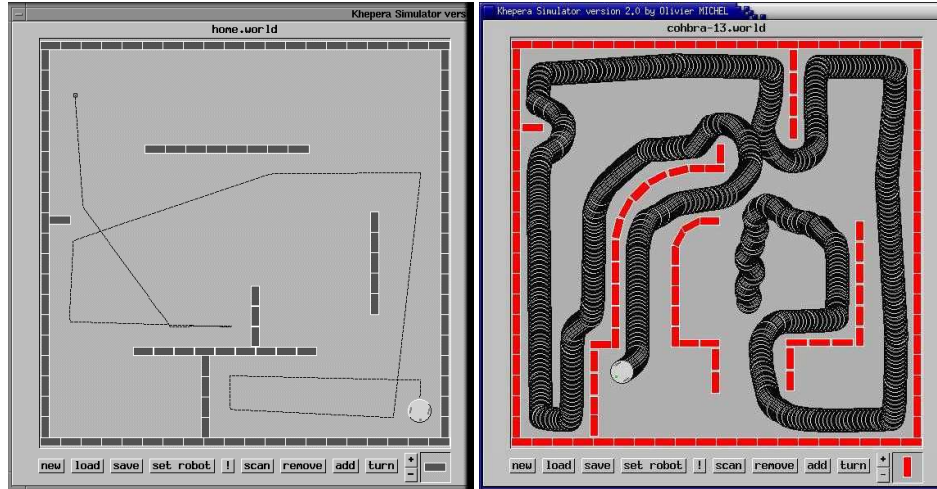
IF S2 > Limite and  
S3 > Limite and  
S2 > S3 and  
S1 > S4  
THEN Action(Turn\_Right)



Sensorial-Motor: Sentir => Agir

# Robótica Inteligente Sistemas de Controle

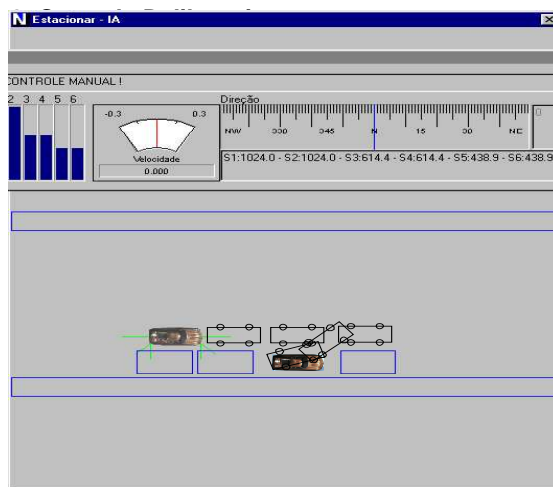
## 1. Controle Reativo



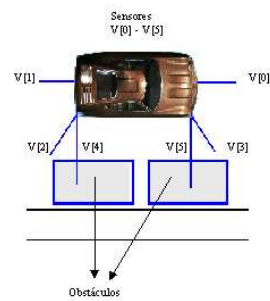
Sensorial-Motor: Sentir => Agir

# Robótica Inteligente Sistemas de Controle

## 1. Controle Reativo



Sensorial-Motor: Sentir => Agir

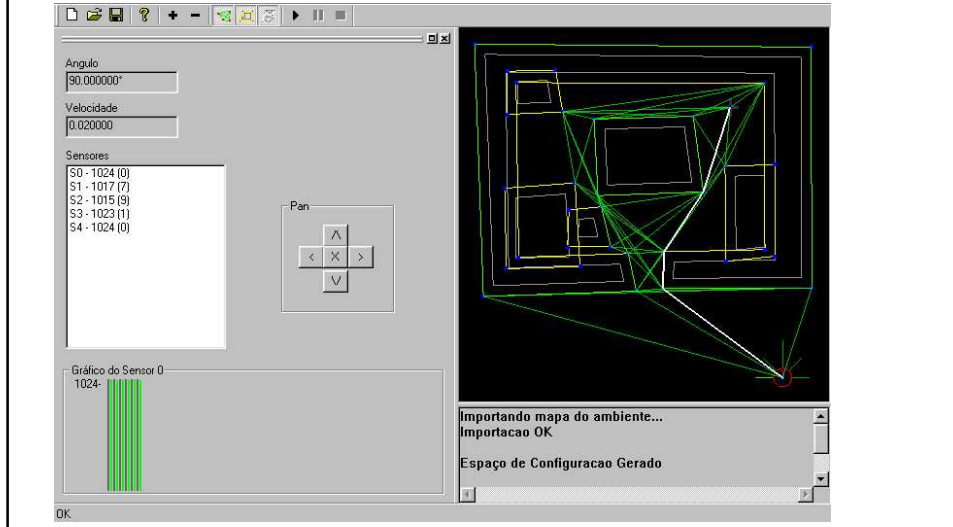


# Robótica Inteligente Sistemas de Controle

## 1. Controle Reativo

## 2. Controle Deliberativo

Mapa, Grafo de Visibilidade, Caminho Otimizado (Dijkstra)



# Robótica Inteligente Sistemas de Controle

## 1. Controle Reativo

## 2. Controle Deliberativo

## 3. Controle Hierárquico

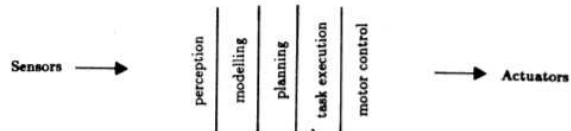


Figure 1. A traditional decomposition of a mobile robot control system into functional

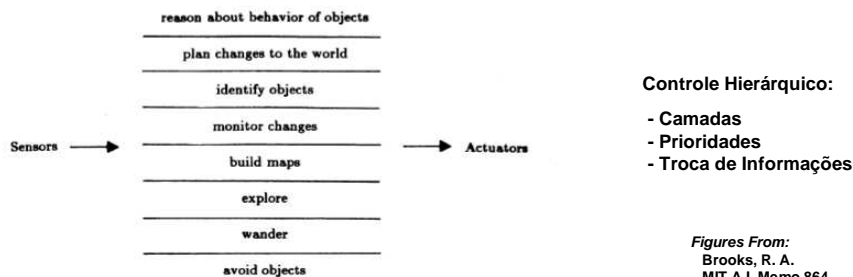


Figure 2. A decomposition of a mobile robot control system based on task achieving behaviors.

Figures From:  
Brooks, R. A.  
MIT A.I. Memo 864  
Sept. 1985

Brooks - Arquitetura Subsumption

# Robótica Inteligente

## Sistemas de Controle

1. Controle Reativo
2. Controle Deliberativo
3. Controle Hierárquico / Híbrido

The screenshot shows a simulation window titled 'Sala.pol - Sim'. It features a central view of a robot (a small blue circle) moving through a room with obstacles. A path is shown as a black line. To the left, there are control parameters: 'Angulo' (139.000000°) and 'Velocidade' (0.020000). Below these are sensor readings for four sensors (S0-S4). A 'Pan' control with directional arrows is also present. At the bottom left, a 'Gráfico do Sensor 4' shows a green bar chart. At the bottom right, a status bar indicates: 'C:\Unisinos\Fobotica\Simulador\Bin\Sala.pol', 'Numero de Vertices: 34', 'Numero de Poligonos: 6', and 'Simulação Iniciada'. The name 'Farlei Heinen' is visible in the bottom right corner.

# Robótica Inteligente

## Sistemas de Controle

### Mapa do Ambiente

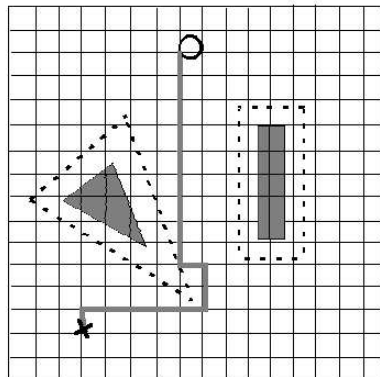
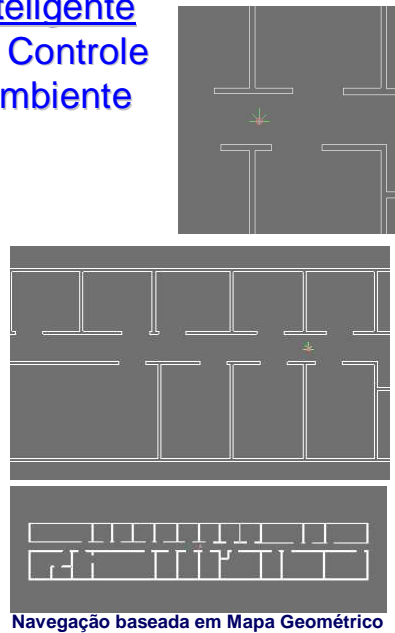


Figura 4.3 Navegação baseada em *Grid*

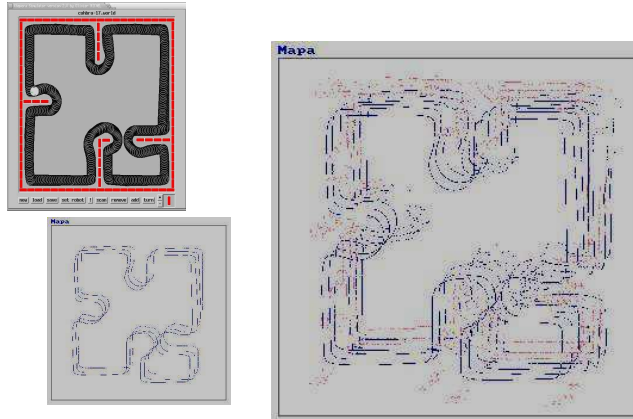


Navegação baseada em Mapa Geométrico

## Robótica Inteligente Sistemas de Controle Mapa do Ambiente

Construção do Mapa do Ambiente:

SMPA - SENSE / MODEL / PLAN / ACT



Flávio Alves

## Robótica Inteligente Sistemas de Controle Mapa do Ambiente

Construção do Mapa do Ambiente:

SMPA - SENSE / MODEL / PLAN / ACT

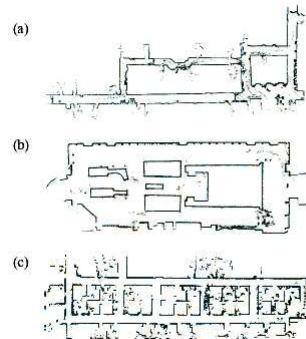
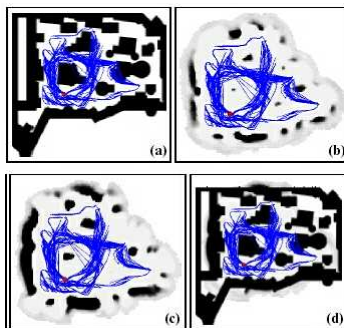


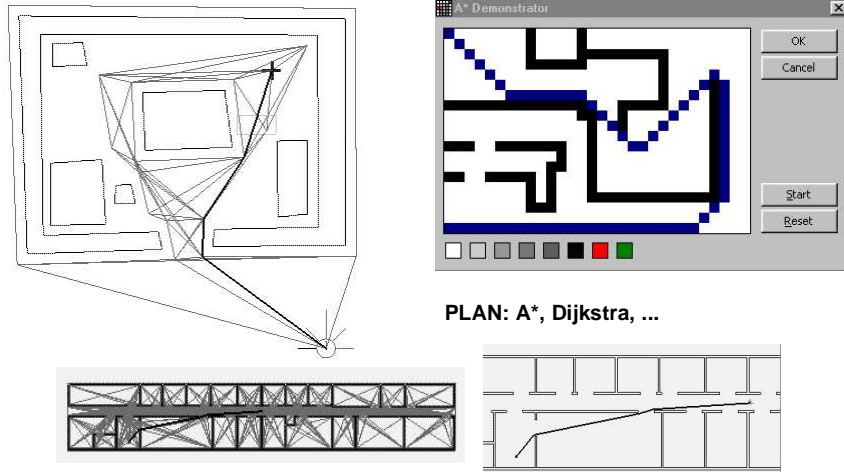
Figure 5: Maps generated in other large-scale environments of sizes (a) 75m, (b) 45m, and (c) 50m. In some of these runs, the cumulative odometric error exceeds 30 meters and 90 degrees.

Fig. 9. Integrating multiple maps: (a) CAD map of the museum ( $21 \times 20m^2$ ) modeling only the static obstacles, (b) laser map, (c) sonar map, and (d) the integrated map used for path planning.

Sebastian Thrun / CMU

## Robótica Inteligente Sistemas de Controle Planejamento de Trajetórias

SMPA - SENSE / MODEL / PLAN / ACT



## Robótica Inteligente Sistemas de Controle Execução de Tarefas

### **PROBLEMAS:**

#### **\* Desvio de Obstáculos**

- Obstáculos conhecidos
- Obstáculos desconhecidos (parados)
- Obstáculos desconhecidos (em movimento)

#### **\* Posicionamento**

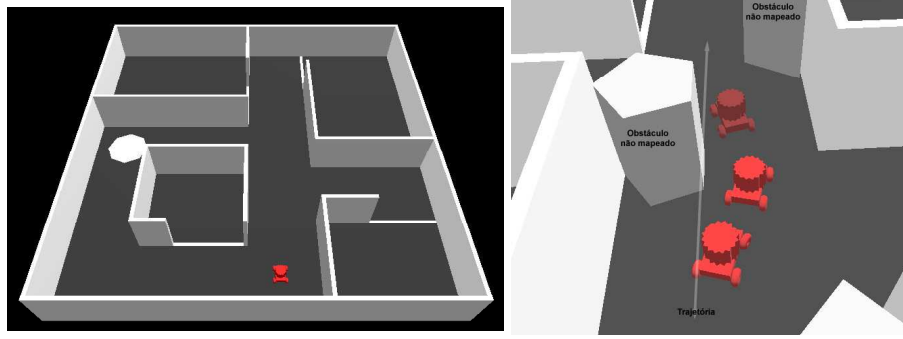
- Qual a posição atual do robô?
- Como garantir que após me deslocar ainda sei onde o robô está?
- Erro e Imprecisão: Translação / Rotação

## Robótica Inteligente Sistemas de Controle Execução de Tarefas

### PROBLEMAS:

#### \* Desvio de Obstáculos

- Obstáculos conhecidos
- Obstáculos desconhecidos (parados)
- Obstáculos desconhecidos (em movimento)



## Robótica Inteligente Sistemas de Controle Execução de Tarefas

### PROBLEMAS:

#### \* Posicionamento

- Qual a posição atual do robô?
- Como garantir que após me deslocar ainda sei onde o robô está?
- Erro e Imprecisão: Translação / Rotação

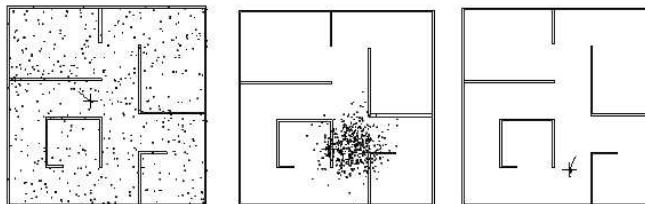


Fig. 2. Seqüência de imagens mostrando a evolução da distribuição das partículas durante a localização do robô móvel utilizando o algoritmo Monte Carlo.

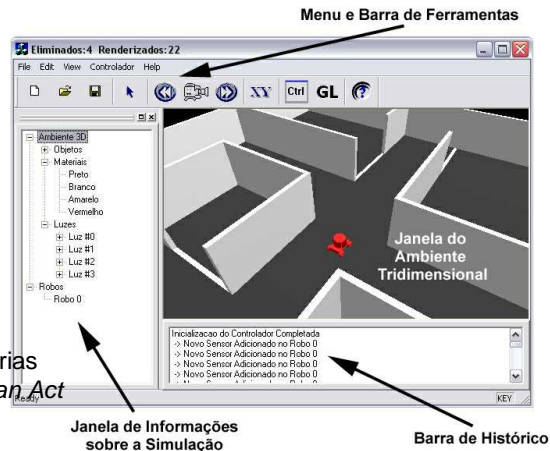
Farlei Heinen



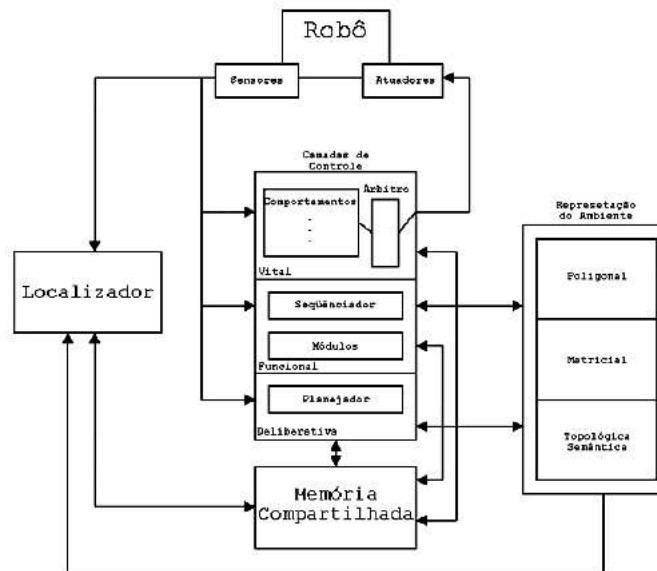
## GIA-PIPCA Robótica Inteligente

### Temas Principais:

- Tipos de Robôs
- Sensores e Atuadores
- Inteligência & Robôs
- Modelos Sensoriais
- Modelos Cinemáticos
- Controle Robótico:
  - Controle Reativo
  - Controle Deliberativo
  - Controle Hierárquico
- Mapas do Ambiente:
  - Construção de Mapas
  - Planejamento de Trajetórias
  - SMPA - *Sense Model Plan Act*
- Problemas:
  - Desvio de Obstáculos
  - Posicionamento
- **Soluções: Controle Robusto Híbrido**
- **Simulação - SimRob3D**

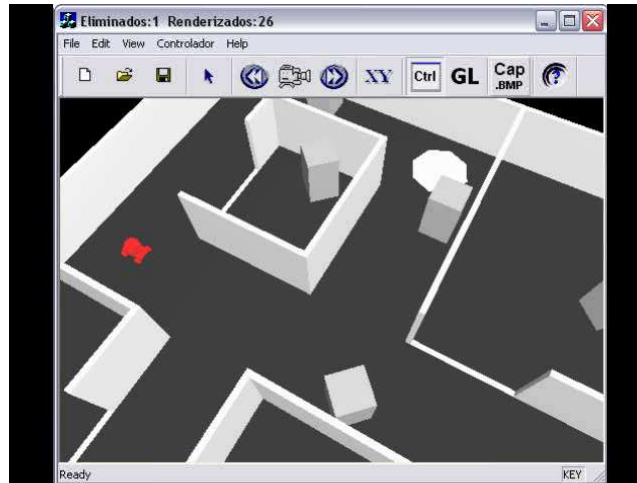


## Robótica Inteligente Controle Robusto Híbrido - SimRob3D



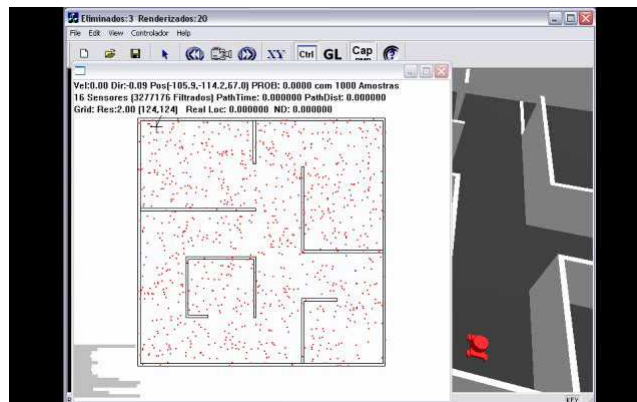
## Robótica Inteligente Controle Robusto Híbrido - SimRob3D

Simulação com o SimRob3D



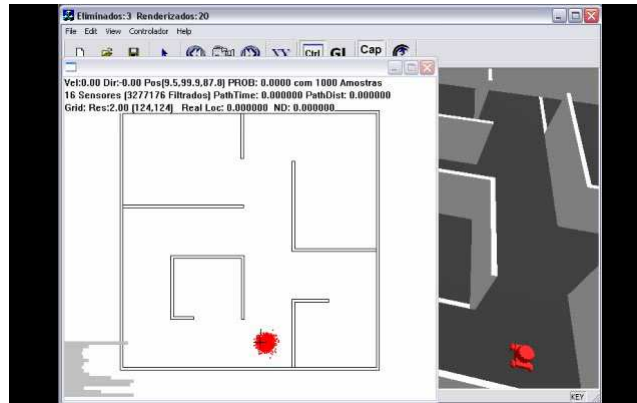
## Robótica Inteligente Controle Robusto Híbrido - SimRob3D

Simulação em Ambiente Estático com Localização Monte Carlo



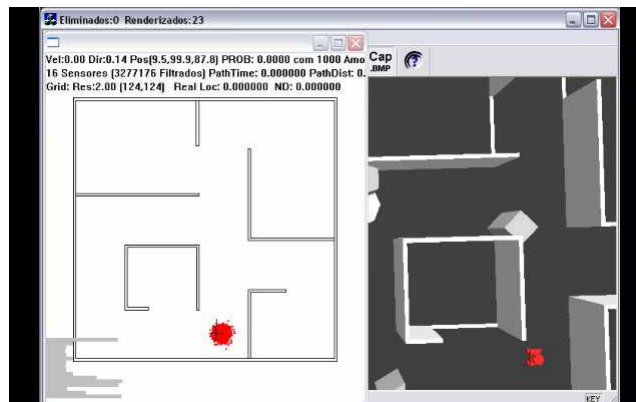
## Robótica Inteligente Controle Robusto Híbrido - SimRob3D

Simulação em Ambiente Estático com Localização Monte Carlo



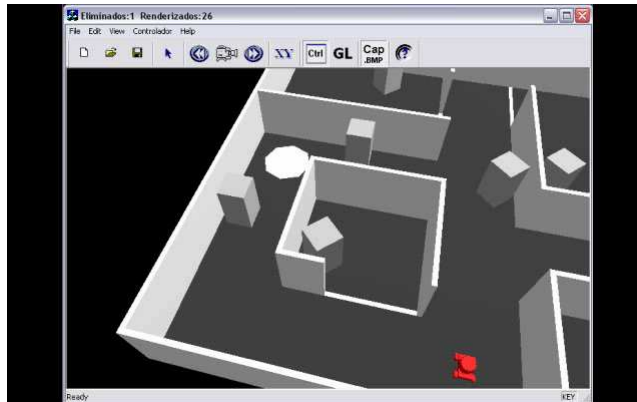
## Robótica Inteligente Controle Robusto Híbrido - SimRob3D

Simulação em Ambiente Alterado em Relação a Representação Interna



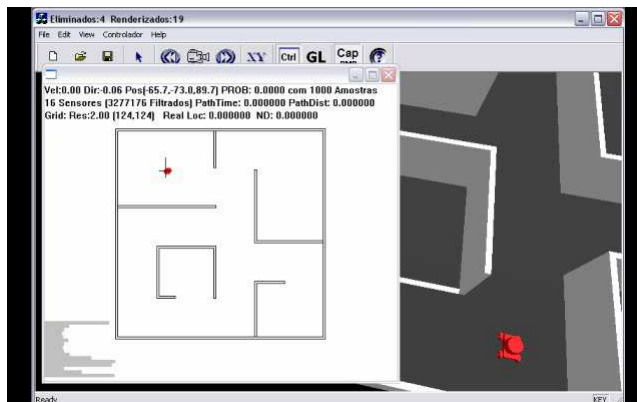
## Robótica Inteligente Controle Robusto Híbrido - SimRob3D

Simulação em Ambiente com Obstáculos Móveis



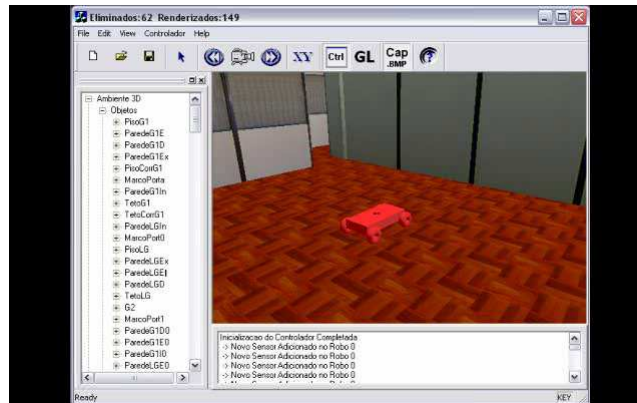
## Robótica Inteligente Controle Robusto Híbrido - SimRob3D

Relocalização com Monte Carlo



## Robótica Inteligente Controle Robusto Híbrido - SimRob3D

Ambiente Tridimensional Complexo com Texturas



## Robótica Inteligente Pesquisa

