

## **USP - ICMC – SSC / PG-CCMC SSC 5887 (ISR) - 1o. Semestre 2012**

# **Disciplina SSC-5887 Introdução aos Sistemas Robóticos**

**Prof. Fernando Osório - Prof. Denis Wolf**

**Prof. Eduardo Simões - Prof. Onofre Trindade Jr.**

**Prof. Denis Wolf & Fernando Santos OSÓRIO – Grupo SEER**

**Email: { denis, fosorio } [at] { icmc. usp. br }**

**Web:** <http://www.icmc.usp.br/~denis/>

<http://www.icmc.usp.br/~fosorio/> [ usp : guest ]

<http://lrm.icmc.usp.br/>

<http://www.inct-sec.org/>



**WIKI ICMC:** <http://wiki.icmc.usp.br/index.php/SSC-5887>

# Introdução à Disciplina ISR

## Pesquisas em Robótica

### Agenda:

- 1. Introdução**
- 2. Pesquisas no LRM – F. Osório**
  - GT Veículos Autônomos Inteligentes (GT1)**
  - GT Robôs Táticos para Ambientes Internos (GT2)**
- 3. Projetos de Mestrado e Doutorado**
- 4. Robótica Móvel Autônoma: Sensores**
- 5. Robótica Móvel Autônoma: Plataformas**
- 6. Simulação**
- 7. Experimentos Reais**

# Robótica: Introdução



# Robôs Móveis Autônomos

## Robôs Inteligentes: Da ficção científica à realidade...

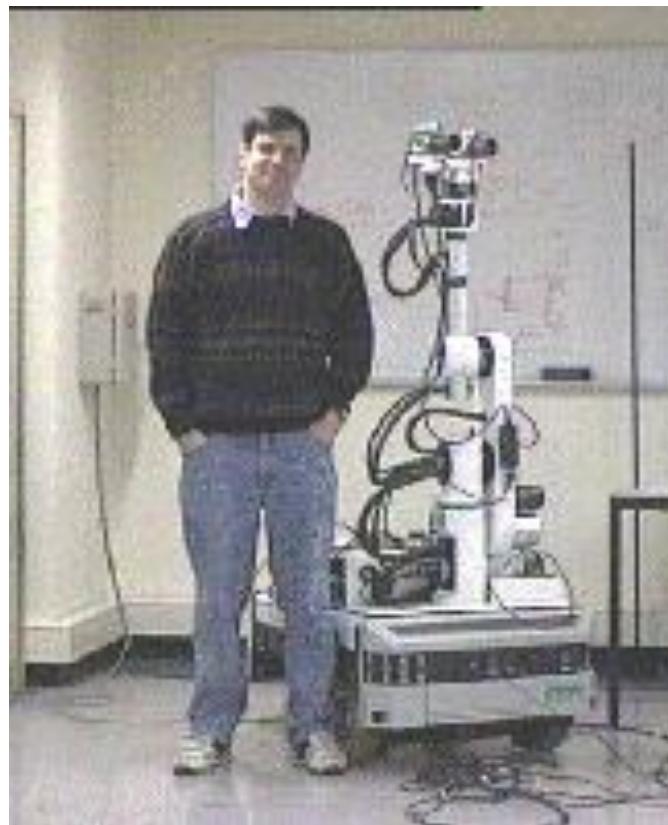
[http://www.hopewellstudios.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=60&Itemid=75](http://www.hopewellstudios.com/index.php?option=com_content&task=view&id=60&Itemid=75)



# Robôs Móveis Autônomos

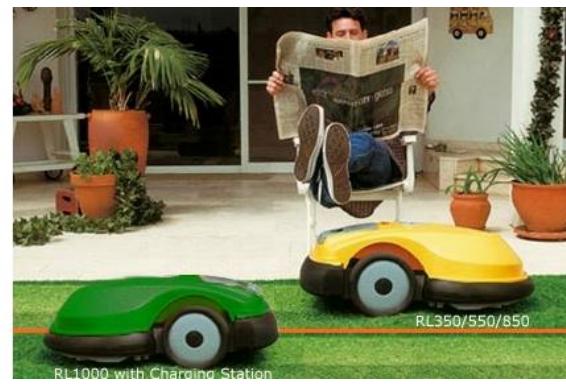
## Robôs Móveis Autônomos

Da ficção científica à realidade...



# Robótica: Robôs Móveis Autônomos

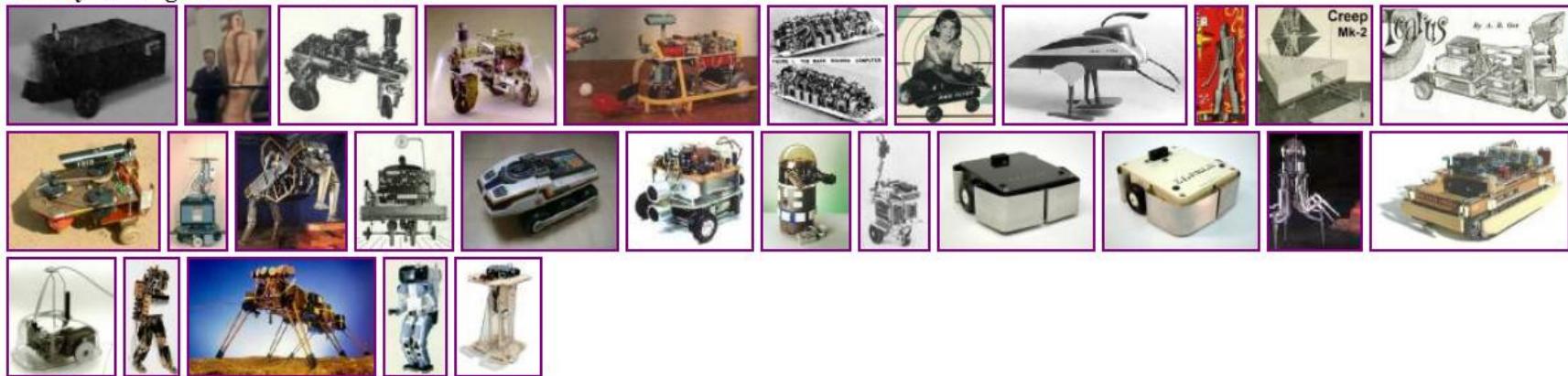
- RMAs



# Robôs Móveis Autônomos

## Robôs Móveis Histórico

History Making Mobile-Robots - HM



(Not yet included in list - Stanford Cart, Xee, Hebot1.....)

Significant Robots - and time-line events



# Robôs Móveis Autônomos

Mobile Robots – Wikipedia : [http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile\\_robots](http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_robots)

- 1995 The Pioneer programmable mobile robot becomes commercially available at an affordable price, enabling a widespread increase in robotics research and university study over the next decade as mobile robotics becomes a standard part of the university curriculum.
- 1996-1997 NASA sends the Mars Pathfinder with its rover Sojourner to Mars. The rover explores the surface, commanded from earth. Sojourner was equipped with a hazard avoidance system. This enabled Sojourner to autonomously find its way through unknown martian terrain.
- 1999 Sony introduces Aibo, a robotic dog capable of seeing, walking and interacting with its environment. The PackBot remote-controlled military mobile robot is introduced.
- 2001 Start of the Swarm-bots project. Swarm bots resemble insect colonies. Typically they consist of a large number of individual simple robots, that can interact with each other and together perform complex tasks.
- 2002 Appears Roomba, a domestic autonomous mobile robot that cleans the floor.
- 2004 Robosapien, a biomorphic toy robot designed by Mark Tilden is commercially available. In 'The Centibots Project' 100 autonomous robots work together to make a map of an unknown environment and search for objects within the environment.
- 2004 In the first DARPA Grand Challenge competition, fully autonomous vehicles compete against each other on a desert course.
- 2005 Boston Dynamics creates a quadruped robot intended to carry heavy loads across terrain too rough for vehicles.
- 2006 Sony stops making Aibo and HelpMate halts production, but a lower-cost PatrolBot customizable autonomous service robot system becomes available as mobile robots continue the struggle to become commercially viable. The US Department of Defense drops the MDARS-I project, but funds MDARS-E, an autonomous field robot. TALON-Sword, the first commercially available robot with grenade launcher and other integrated weapons options, is released. Honda's Asimo learns to run and climb stairs.
- 2007 History is made with the DARPA Urban Grand Challenge, with six vehicles autonomously completing a complex course involving manned vehicles and obstacles. Seekur, the first widely available, non-military outdoor service robot, pulls a 3-ton vehicle across a parking lot, drives autonomously indoors and begins learning how to navigate itself outside. Meanwhile, PatrolBot learns to follow.

# Robôs Móveis Autônomos

## DARPA Challenge

### 2004 - Darpa Grand Challenge – Prêmio: US\$ 1 Milhão - Sem Vencedores

First Grand Challenge, held on March 13, 2004, when only 13 teams were able to field machines for the ***142-mile course and none cleared the first mountain crossing*** (see “A New Race of Robots,” by W. Wayt Gibbs; SCIENTIFIC AMERICAN, March 2004).

### 2005 - Darpa Grand Challenge – Prêmio: US\$ 2 Milhões - Vencedor: Stanley / Stanford

Five out of 23 competing robots successfully navigated a 132-mile course through the Mojave Desert in October 2005 as part of the DARPA Grand Challenge race. **To qualify** for the \$2-million prize, the driverless vehicles had to finish **in less than 10 hours.** ***Four turned in elapsed times under 7.5 hours.***

### 2007 – Darpa Urban Challenge – Prêmio: US\$ 2 milhões – Vencedor: Boss / CMU

The Urban Challenge, announced in April 2006, called for autonomous vehicles to drive 97 km through an urban environment, interacting with other moving vehicles and obeying the California Driver Handbook. Interest in the event was immense, with 89 teams from around the world registering interest in competing. Competition took place on November 3, 2007.

# Robótica

- RMAs: Robótica Inteligente      ;-)



# Robótica

- Atuação
  - Mercado de Trabalho:
    - Profissional **bastante valorizado** devido ao conhecimento prático e **multidisciplinar**.
    - Mercado de trabalho em **ascensão** no Brasil e principalmente no **exterior**.
    - **4 empresas** na área em São Carlos!!!
    - Aplicação de conceitos em **diversas áreas estratégicas**

*“A robot in every home...”*

*Bill Gates*



# Robótica



Scientific American - January 2007

## A Robot in Every Home

The leader of the PC revolution predicts that the next hot field will be robotics

By Bill Gates

Imagine being present at the birth of a new industry. It is an industry based on groundbreaking new technologies, wherein a handful of well-established corporations sell highly specialized devices for business use and a fast-growing number of start-up companies produce innovative toys, gadgets for hobbyists and other interesting niche products. But it is also a highly fragmented industry with few common standards or platforms. Projects are complex, progress is slow, and practical applications are relatively rare. In fact, for all the excitement and promise, no one can say with any certainty when--or even if--this industry will achieve critical mass. If it does, though, it may well change the world.

Of course, the paragraph above could be a description of the computer industry during the mid-1970s, around the time that Paul Allen and I launched Microsoft...

But it is all about ROBOTS!!!

# Robótica – Empresas & Empregos

BLOGS // AUTOMATON

Amazon Acquires Kiva Systems for \$775 Million - IEEE Spectrum

## Amazon Acquires Kiva Systems for \$775 Million

POSTED BY: ERICO GUIZZO

SEG, MARÇO 19, 2012



*Photo: Joel Eden Photography/Kiva Systems*

Looks like Amazon is getting some robots. LOTS of robots.

The giant online retailer announced today that it is acquiring Kiva Systems, a North Reading, Mass.-based company that invented a revolutionary way of managing vast warehouses by using fleets of mobile robots to sort, organize, and transport inventory.

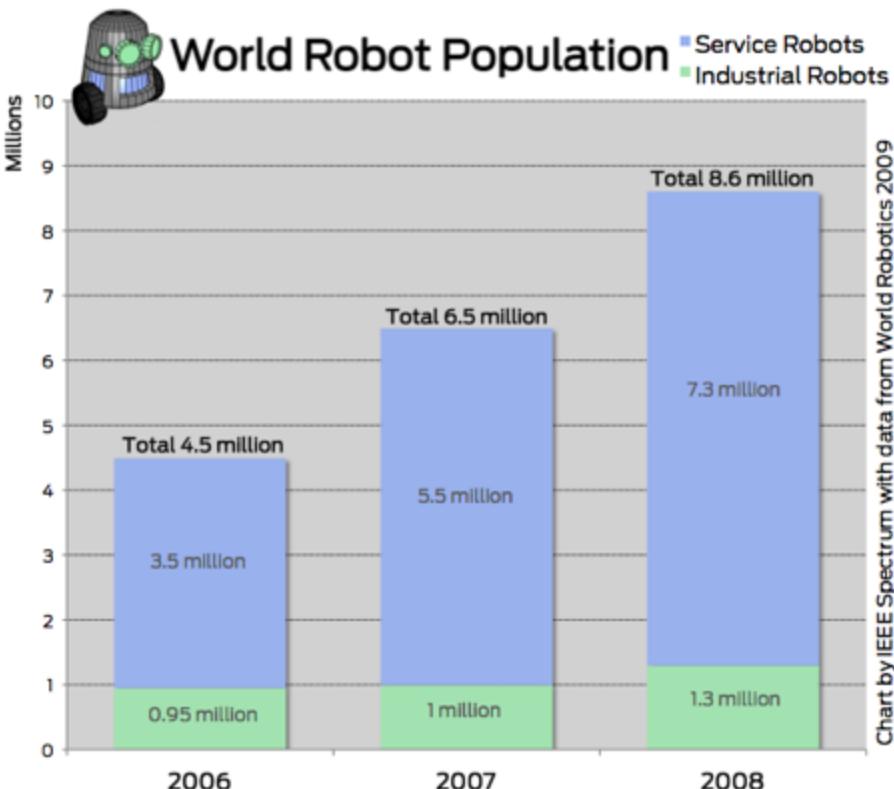
Amazon agreed to acquire all of the outstanding shares of Kiva for approximately US \$775 million in cash. The companies expect to close the acquisition in the second quarter of 2012.



BLOGS // AUTOMATON

## World Robot Population Reaches 8.6 Million

POSTED BY: ERICO GUIZZO / QUA, ABRIL 14, 2010



The world's robot population has reached 8.6 million. That's more than one

<http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrial-robots/041410-world-robot-population>



### ABOUT iROBOT

#### About Our Robots

#### 7.5 Million home robots!

iRobot has made some of the world's most important robots.

#### iRobot Home Robots: The smarter way to get it done

iRobot's home robots are revolutionizing the way people clean – inside and out. More than 7.5 million home robots have been sold worldwide. The award-winning iRobot® Roomba® vacuum cleaning robot is leading the charge. Roomba made practical robots a reality for the first time and showed the world that robots are here to stay. iRobot's acclaimed line of home robots also includes the iRobot Scooba® floor washing robot, the iRobot Vero® pool cleaning robot and the iRobot Looj® gutter cleaning robot.

[http://www.irobot.com/filelibrary/ppt/corp/cool\\_stuff\\_ppt/cool\\_stuff\\_ppt.html](http://www.irobot.com/filelibrary/ppt/corp/cool_stuff_ppt/cool_stuff_ppt.html)

# Robótica – Empresas & Empregos

Ofertas de Emprego...

## *Big Companies*

- Disney Research
- Bosch
- NASA
- Samsung

## *“Small“ Companies (São Carlos)*

- > AGX
- > Enalta
- > X Bo t
- > PNCA...

<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Paul Newman	Robotics-All	[robotics-worldwide] University of Oxford : Two Tenure Track Posts - ... uk/about-us/jobs/df12exe Please do apply. Prof. Pa	Feb 27	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Craig Lindley	Robotics-All	[robotics-worldwide] PhD Position in Affective Human-Robot Interaction, Sweden - ... for/employments.nsf/jobs/6edfd46c71	Feb 17	
<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Guido Bugmann	Robotics-All	Robotics-General [robotics-worldwide] Two Lecturer / Senior Lecturer positions in cognitive robotics / c... - ... www.jobs.ac.	Feb 16	
<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Wang Dan Wei (Prof)	Robotics-All	[robotics-worldwide] Robotics Engineers are required urgently - ... specified tasks. The jobs involve advanced sensor techn	Feb 5	
<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Harry H. Asada	Robotics-All	Robotics-General [robotics-worldwide] Faculty positions available at MIT Mechanical Engineering - ... mit.edu/news/jobs/inc	Jan 29	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Aaron Edsinger	Robotics-All	[robotics-worldwide] Job posting: Junior Embedded / Electrical Engineer at Meka Robotics - ... supporting materials to jobs	Jan 25	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Celia Chow	Robotics-All	[robotics-worldwide] Job Posting: Software / Research Engineer in Shared Autonomy for M... - ... look at to jobs@willowga	Jan 25	
<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Yang.Gao	Robotics-All	[robotics-worldwide] Postdoc position on autonomous and intelligent systems - ... surrey.ac.uk/jobs. If you are unable to a	Jan 20	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Jana Kosecka	Robotics-All	[robotics-worldwide] Postdoctoral Position - ... online at http://jobs.gmu.edu for position number F9565Z. Applicants should	Jan 17	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Basteris, Angelo	Robotics-All	[robotics-worldwide] Job opening: Robotic software integration engineer - 31 months - ... Applications are via jobs section a	Jan 11	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Jonathan Hurst	Inbox	Robotics-All	Robotics-General [robotics-worldwide] Last Call: Faculty Positions- Robotics and Control, Oregon State U...	Jan 11
<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Wanda Garland	Robotics-All	[robotics-worldwide] Job Opening: Electromechanical Technician in Bioinspired Robotics ... - ... Robotics Platform. If you o	12/22/11	
<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Tim Barfoot	Robotics-All	[robotics-worldwide] Reminder: University of Toronto Tenure-Track Faculty Position (Spa... - ... at http://www.jobs.utoronto.	12/22/11	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Würdemann, Helge	Robotics-All	[robotics-worldwide] 5 POSTS AT KING'S COLLEGE LONDON, CENTRE FOR ROBOTICS RESEARCH - ... details on ww	12/18/11	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Melonee Wise	Inbox	Robotics-All	[robotics-worldwide] ROS Internships at Willow Garage - ... with us to: jobs@willowgarage.com. -Melonee -- Senior	12/6/11
<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Gaurav S. Sukhatme	Robotics-All	[robotics-worldwide] Tenure-track robotics position at USC Computer Science - ... cs.usc.edu/Jobs/ Applications must incl	12/4/11	
<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Rodriguez Y Baena, Ferdi.	Robotics-All	[robotics-worldwide] Worldwide opportunity for a medical roboticist at Imperial College - ... area or medical robotics: http://h	11/29/11	
<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Klaus Schilling	Robotics-All	[robotics-worldwide] associate professor position in remote control of aerospace systems - ... uni-wuerzburg.de/jobs/ robot	11/29/11	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Aaron Edsinger	Inbox	Robotics-All	[robotics-worldwide] Robotics Software Engineer - ... and portfolios to jobs (at) mekabot.com . No phone calls please	11/23/11
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Peter Corke	Robotics-All	[robotics-worldwide] Postdoc in persistent navigation, Brisbane - ... index.cfm?event=jobs.checkJobDetailsNewApplication	11/23/11	

# Robótica Autônoma

## Tipos de Robôs

## Tipos de Robôs

## Tipos de Robôs

### *Tipo de Mobilidade*

- **Base Fixa** (manipuladores, braço robótico)
- **Base Móvel:** Com Restrição (grua) / Sem Restrição (veículo)

Percepção  
Decisão  
Ação



### *Tipo de Mecanismo de Locomoção*

- Pernas, Rodas, Esteiras, Propulsão

### *Tipo de Local de Atuação*

- **Indoor** (locais fechados, internos)
- **Outdoor:** Estruturados (estradas), Não Estruturados (off-road)

### *Tipo de Autonomia*

- Controle e Ações Pré-Definidas
- **Tele-Operados** (tele-comandado)
- **Semi-Autônomo** (tele-operado + ações independentes)
- **Autônomo** : sem intervenção humana durante a operação



## INCT-SEC

### GT1 – *Robôs Táticos para Ambientes Internos*

O GT1 desenvolve sistemas, ferramentas e métodos para o trabalho individual ou colaborativo de robôs móveis. Os sistemas são utilizados para segurança, vigilância e monitoramento, incluindo espaços de acesso remoto e difícil. A operação dos robôs pode ser baseada em teleoperação ou no controle autônomo, que melhora sua capacidade sensorial, a fim de monitorar o ambiente e proteger o operador de situações perigosas.

<http://www.inct-sec.org.br/grupos-de-trabalho/gt1-robos-taticos-para-ambientes-internos>

### GT1 – *Veículos Terrestres Autônomos*

O GT2 desenvolve sistemas de navegação autônoma e assistida para veículos terrestres. O objetivo é notificar o motorista de uma possível situação de risco, com a intenção de prevenir acidentes rodoviários. O sistema de controle autônomo é capaz de conduzir um veículo sem qualquer intervenção humana, podendo ser utilizado na área de tráfego urbano, agricultura, indústria e segurança.

<http://www.inct-sec.org.br/grupos-de-trabalho/gt2-veiculos-terrestres-e-autonomos>

## Sensores e Atuadores

# Sensores e Atuadores



## Tipos de Sensores

### Sensores



(a) Laser Sick  
LMS 2xx



(b) Video Camera



(c) Inertia Unit  
IMU - MicroStrain



(d) Laser Hokuyo  
URG-04LX



(e) STOC Video Camera  
Stereo-on-a-Chip



(f) Thermal Camera  
FLIR PathFindIR



(g) Compass Module  
HMC6352



(h) Sonar Module  
Maxbotix LV-EZ0



(i) Velodyne HDL-32E



(j) Kinect



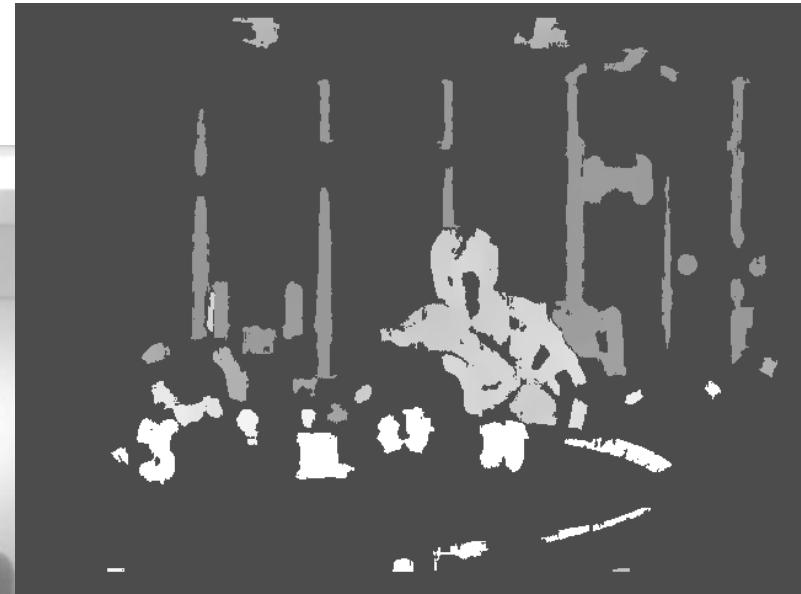
(k) GPS Garmin

# Sensores e Atuadores

## Tipos de Sensores

### Sensores

- **Sistemas de Visão: Câmera de Vídeo Monoculares e Estéreo**



# Sensores e Atuadores

## Tipos de Sensores

### Sistemas de Visão

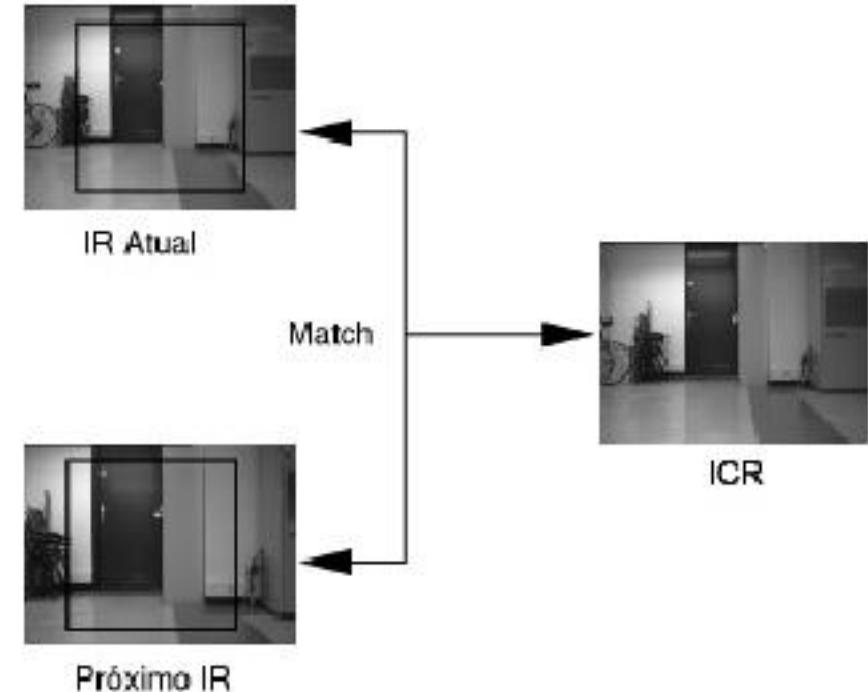


## Tipos de Sensores

### Sistemas de Visão: Navegação Visual



Banco de Imagens (BI)



# Robôs Móveis Autônomos

## Tipos de Sensores

Sistemas de Visão: Navegação Visual

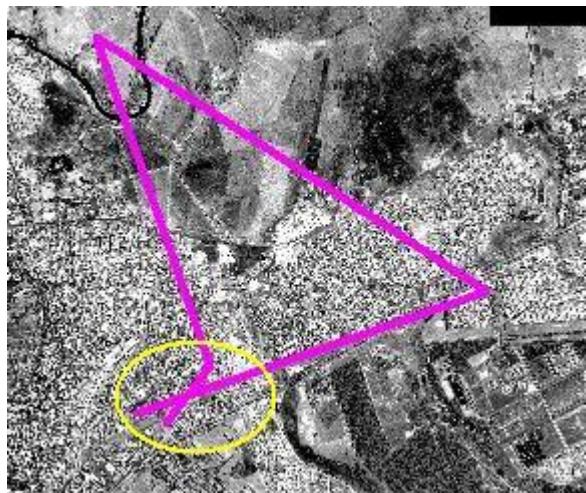
## Navegação Visual

NCC

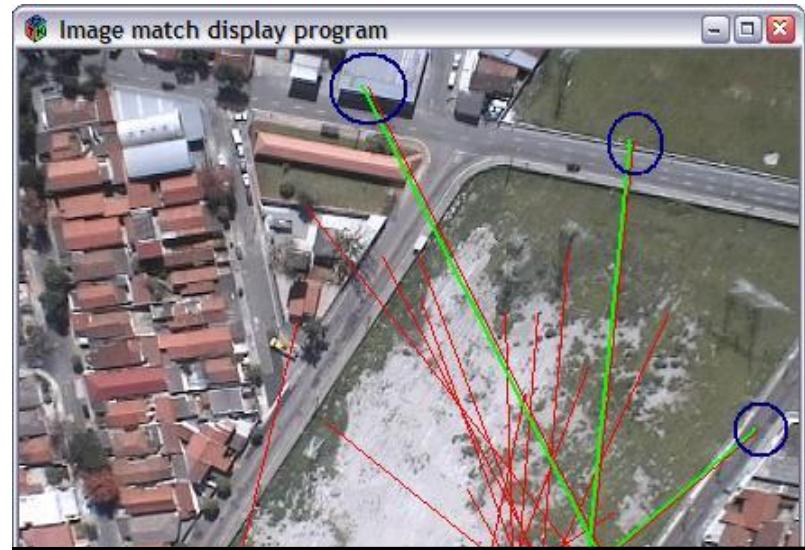
SIFT  
SURF

Algoritmos de Correlação / Detecção

Correlação entre imagens de um helicóptero (cruzamento da rota)



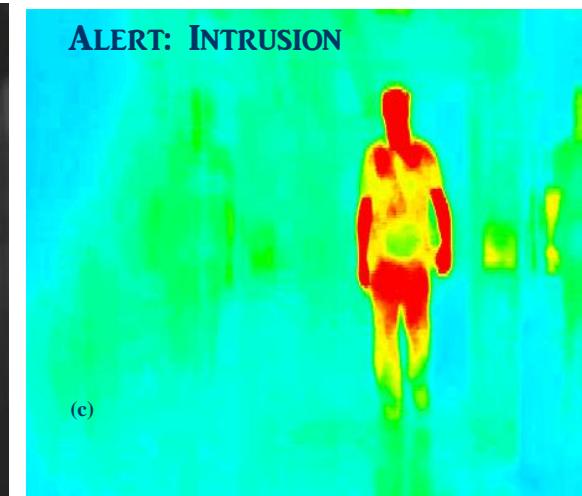
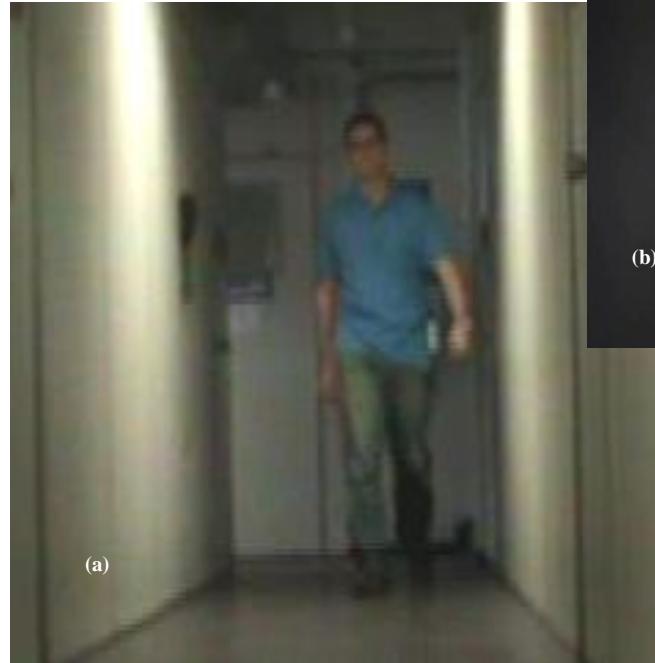
Fernando Osório, Rafael Klaser



## Tipos de Sensores

### Sensores

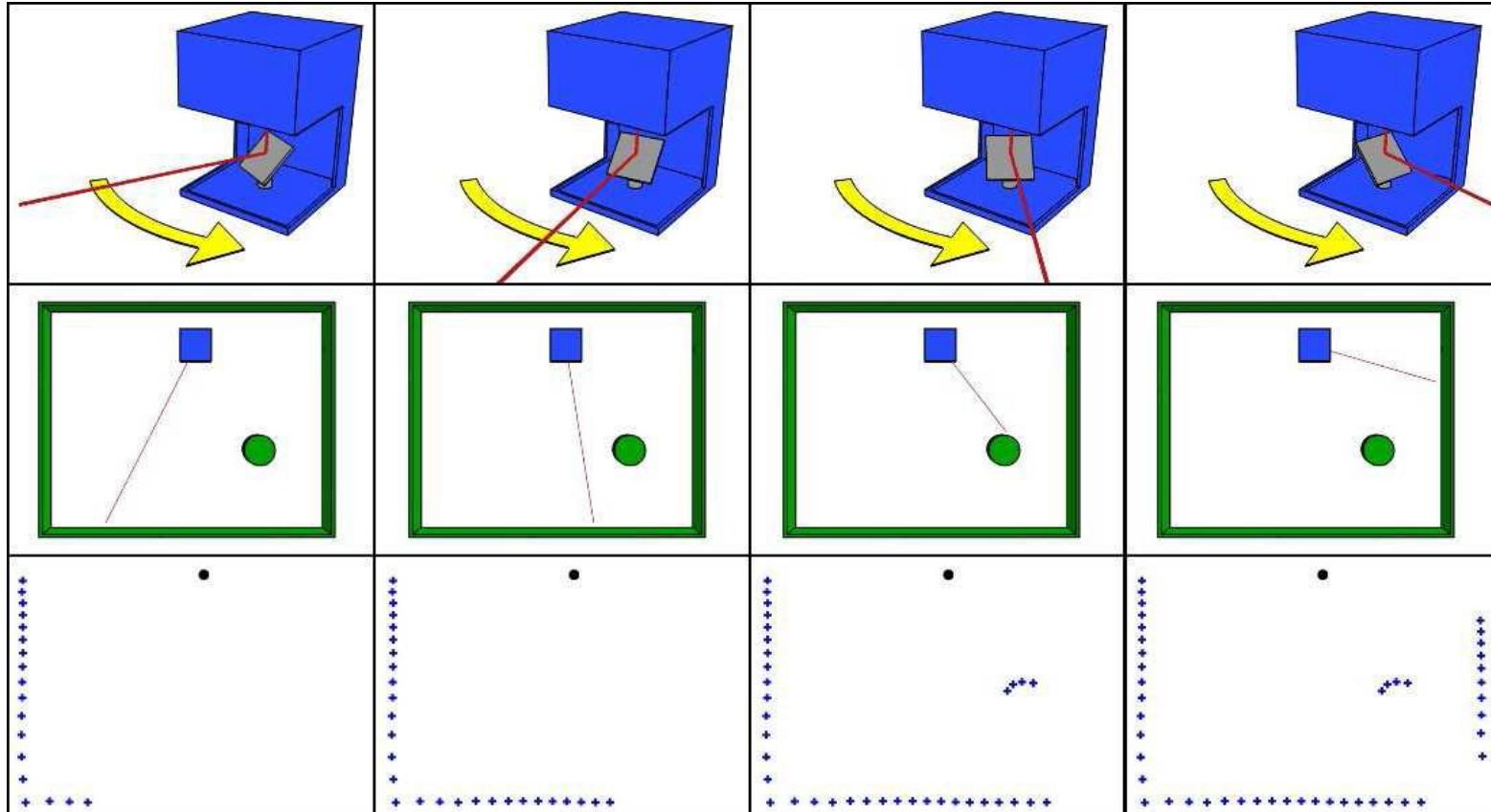
- **Sistemas de Visão Termal: Câmera PathFindIR (Thermal)**



# Sensores e Atuadores

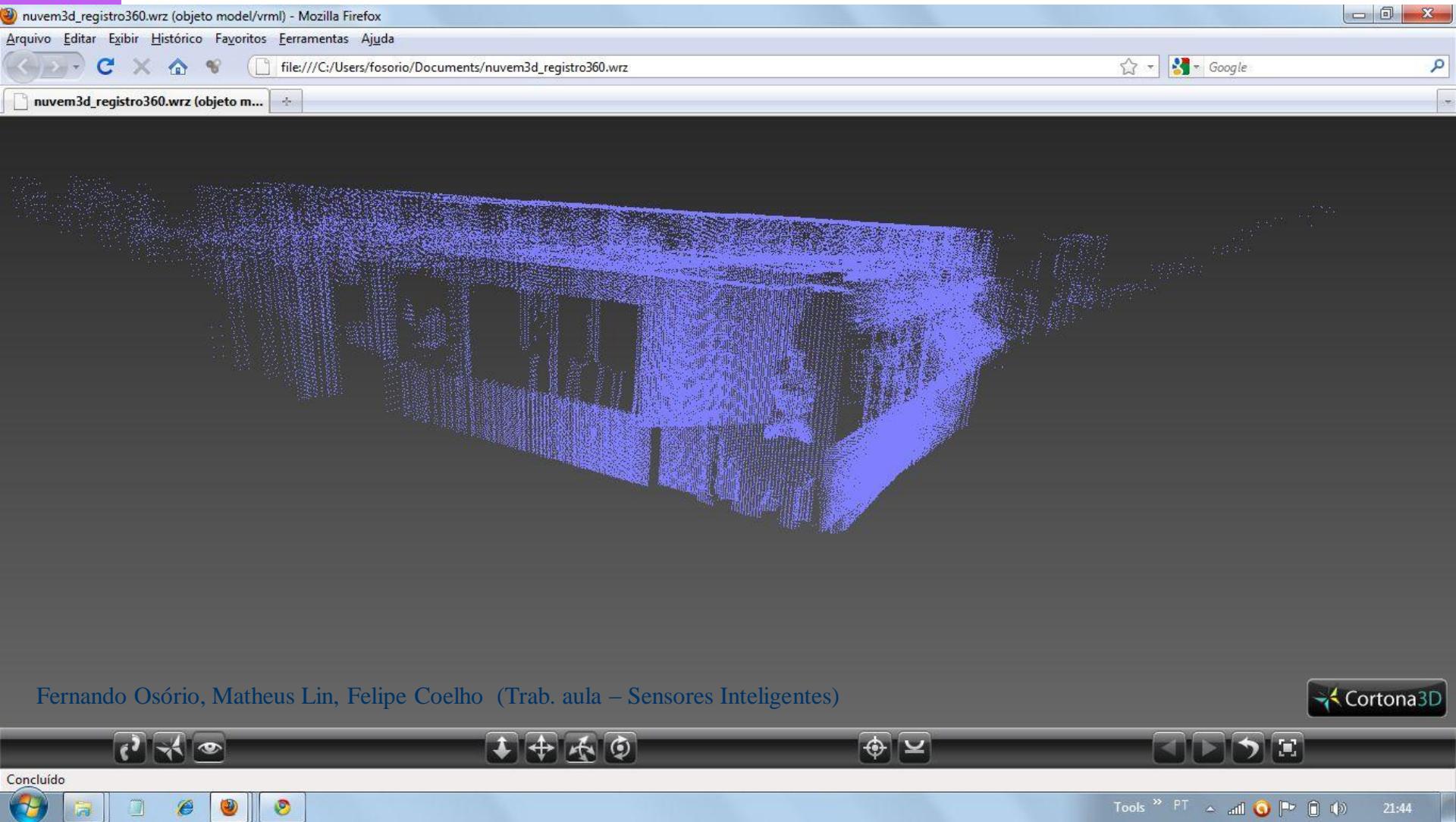
## Tipos de Sensores

### Sensores LASER (Lidar - Light Detection and Ranging)



# Sensores e Atuadores

## Tipos de Sensores: Sensores LASER (Lidar)

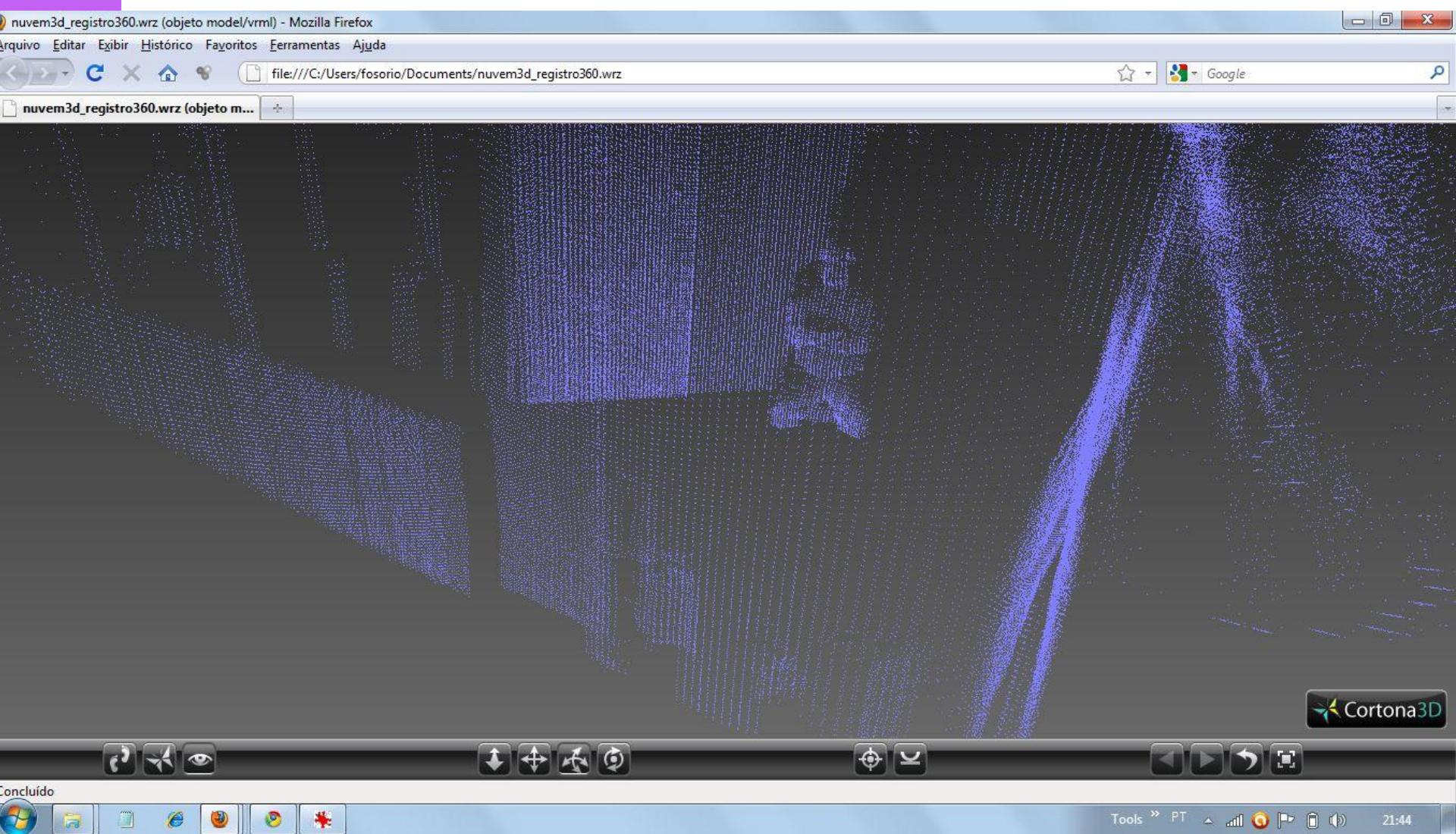


Fernando Osório, Matheus Lin, Felipe Coelho (Trab. aula – Sensores Inteligentes)

Cortona3D

# Sensores e Atuadores

## Tipos de Sensores: Sensores LASER (Lidar)



# Sensores e Atuadores

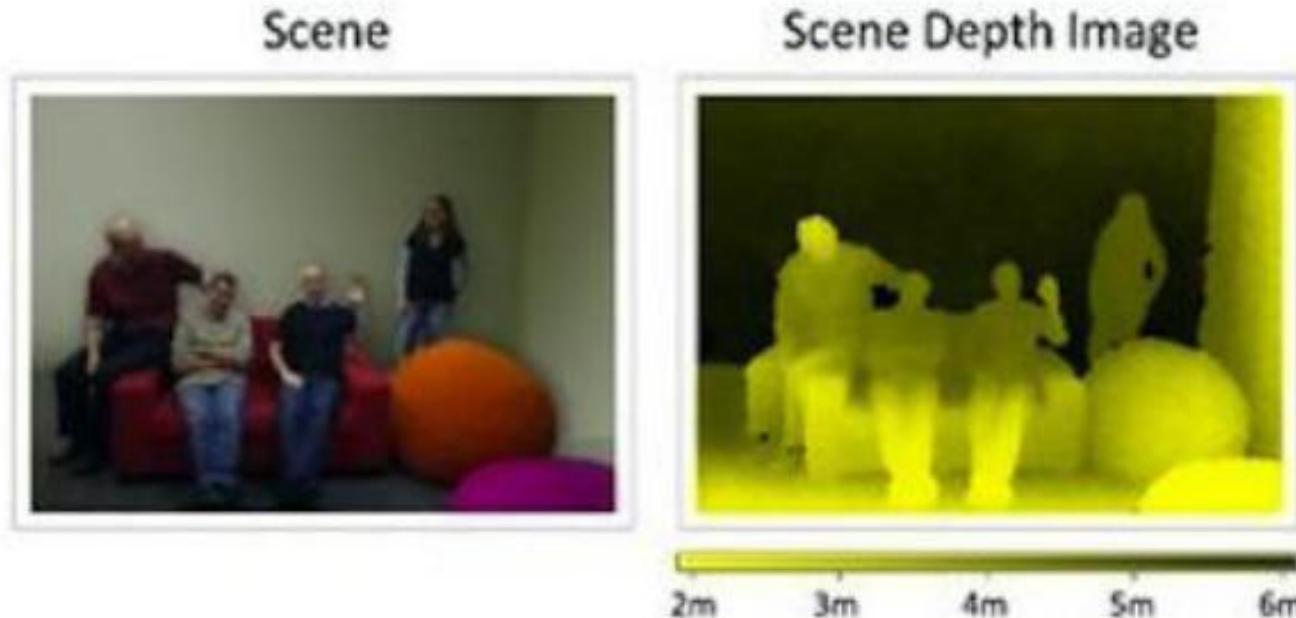
## Tipos de Sensores: Sensores LASER (Lidar)



## Tipos de Sensores

### Sensores

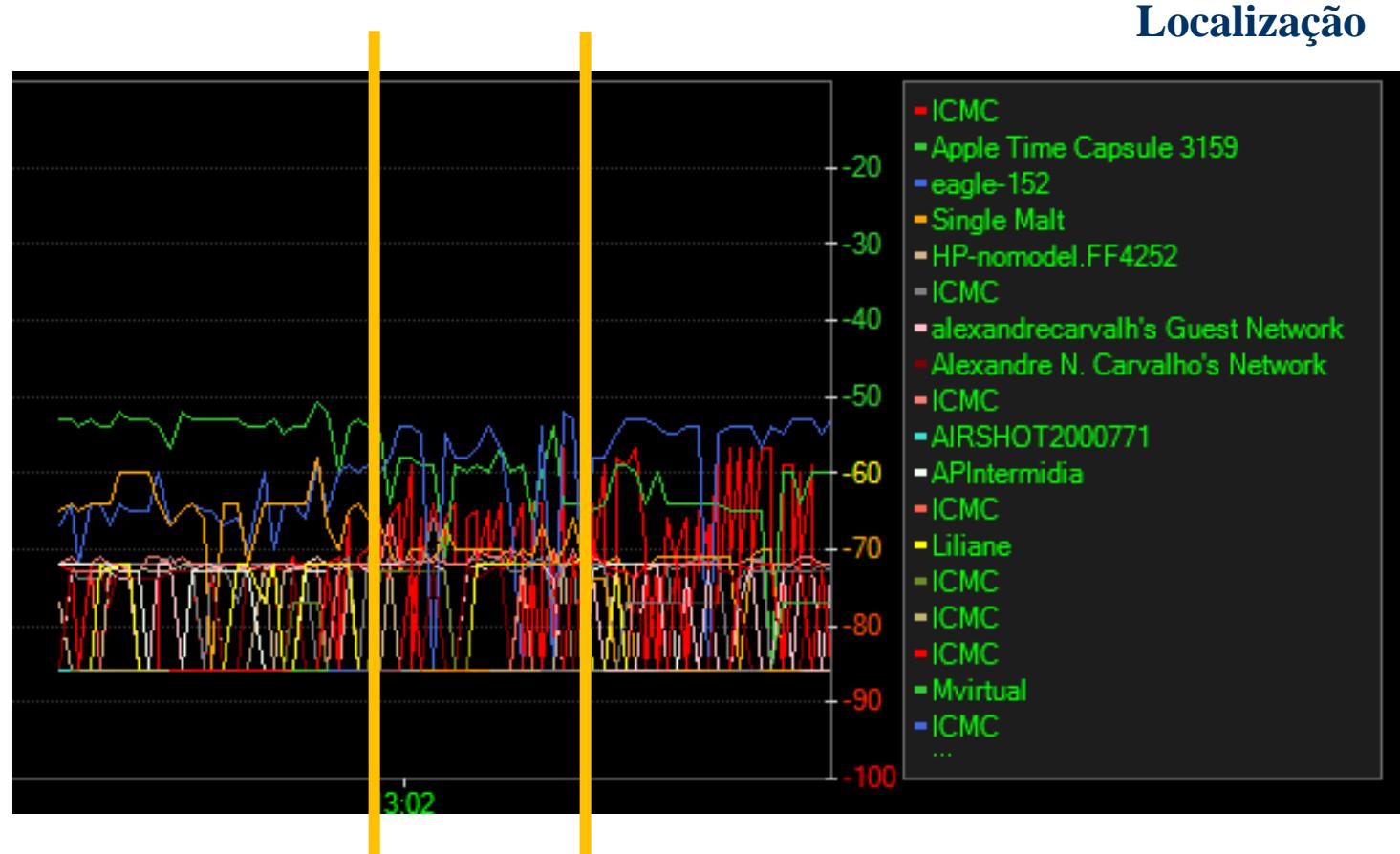
- Sistemas de Visão 3D: Kinect



# Sensores e Atuadores

## Tipos de Sensores

### Sensores: Wi-Fi

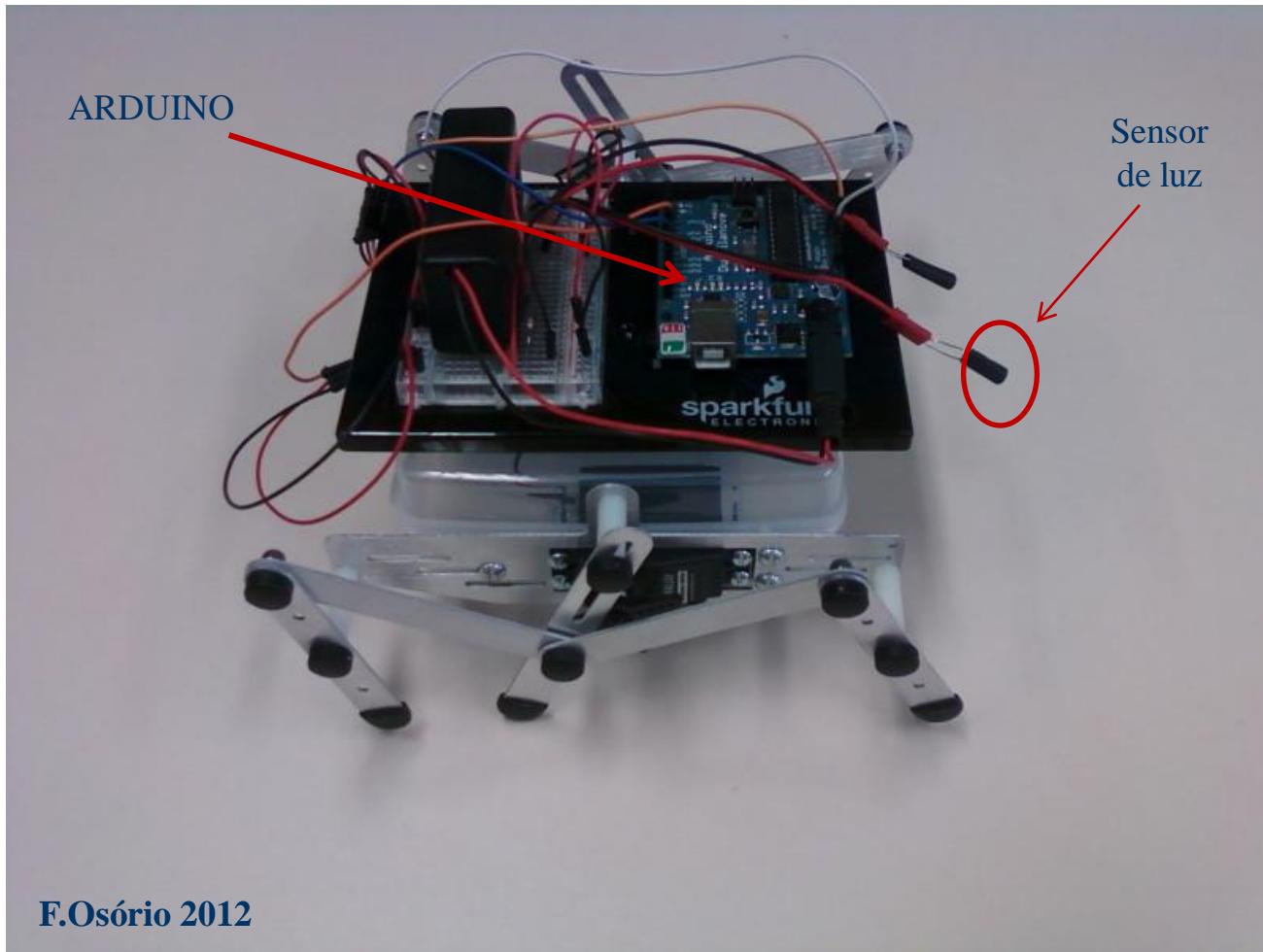


# Robôs Móveis Autônomos: na prática...

LRM – Lab. de Robótica Móvel do ICMC/USP

INCT-SEC – Instituto Nacional de Sistemas Embarcados Críticos

CRob-SC/USP – Centro de Robótica de São Carlos



Gregório:  
Robô com patas  
Desenvolvidos por  
Alunos da Pré-IC

Baseado no  
Arduino

Programado usando  
uma linguagem  
“C-Like” do Arduino

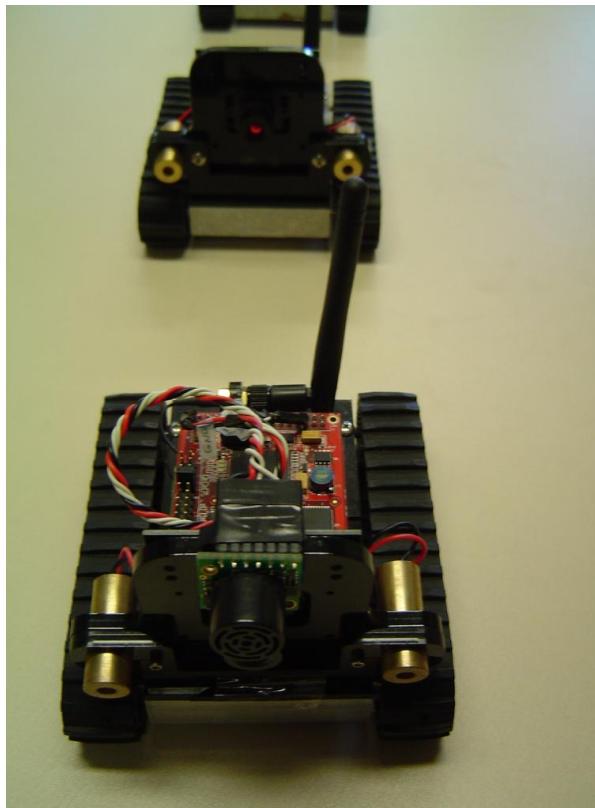
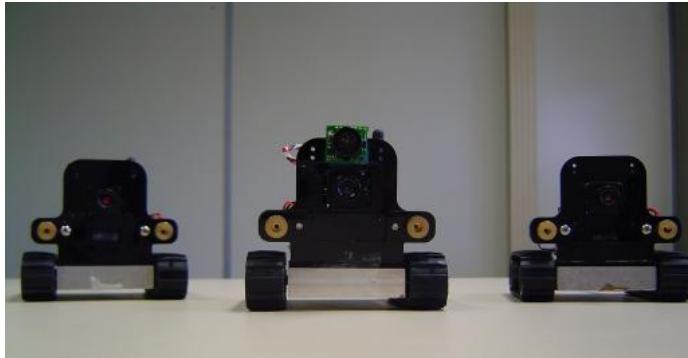
Sensores + Motores

# Robôs Móveis Autônomos: na prática...

LRM – Lab. de Robótica Móvel do ICMC/USP

INCT-SEC – Instituto Nacional de Sistemas Embarcados Críticos

CRob-SC/USP – Centro de Robótica de São Carlos



Robô SRV1  
Surveyor

Computador  
Embarcado rodando  
Micro-Linux

Conexão Wi-Fi (ad-hoc)  
Transmissão de Imagens  
Detecção de Obstáculos  
c/câmera  
c/sonar  
c/laser

Sensores:  
Câmera, Sonar

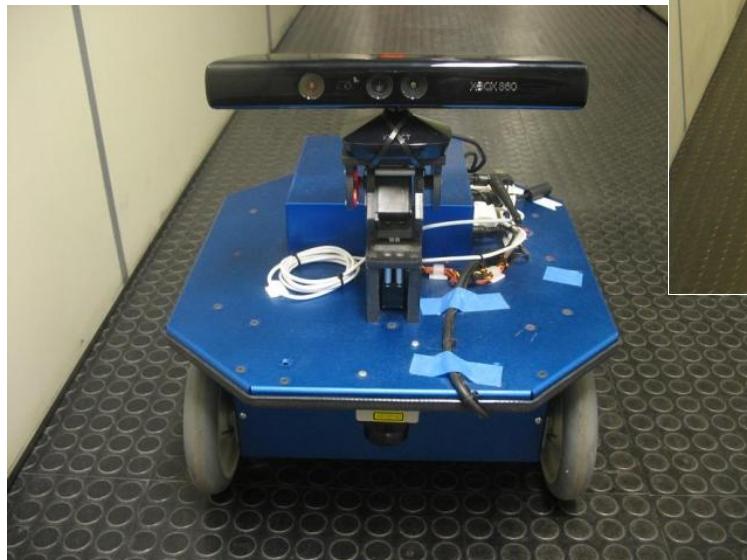
Motor:  
Rodas com esteiras

# Robôs Móveis Autônomos: na prática...

LRM – Lab. de Robótica Móvel do ICMC/USP

INCT-SEC – Instituto Nacional de Sistemas Embarcados Críticos

CRob-SC/USP – Centro de Robótica de São Carlos



Robôs  
Pioneer AT e DX  
Erratic Era-Mobi

Notebook  
rodando  
Linux

Conexão Wi-Fi  
Transmissão de Imagens  
Detecção de Obstáculos  
c/câmera  
c/sonar  
c/laser  
c/Kinect

# Sensores e Atuadores

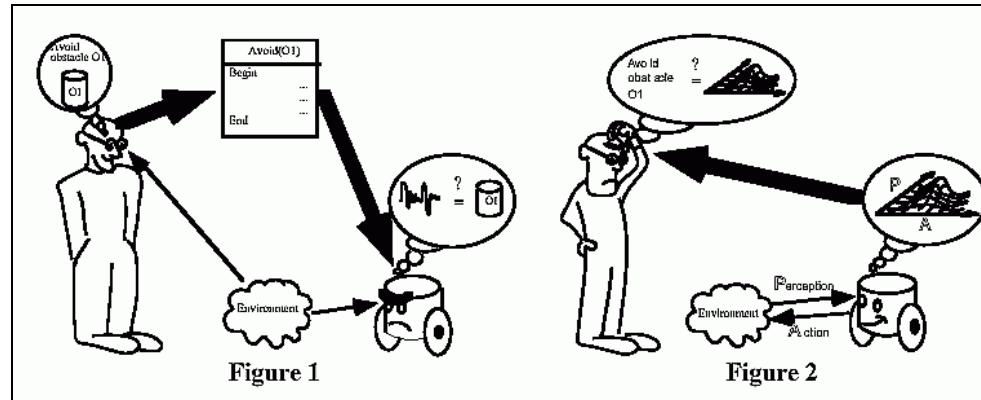
## Modelos Sensoriais e Modelos de Atuadores



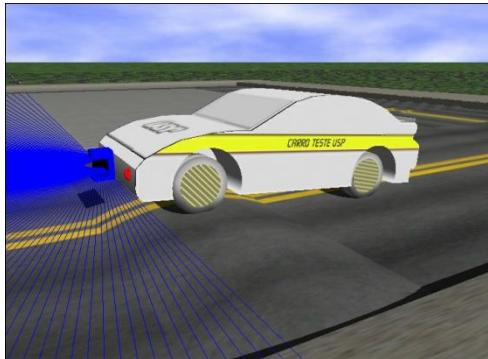
Como Agir?

Como Interpretar  
as Percepções?

Como Tomar Decisões?



# Fluxo de desenvolvimento de software



Simulação



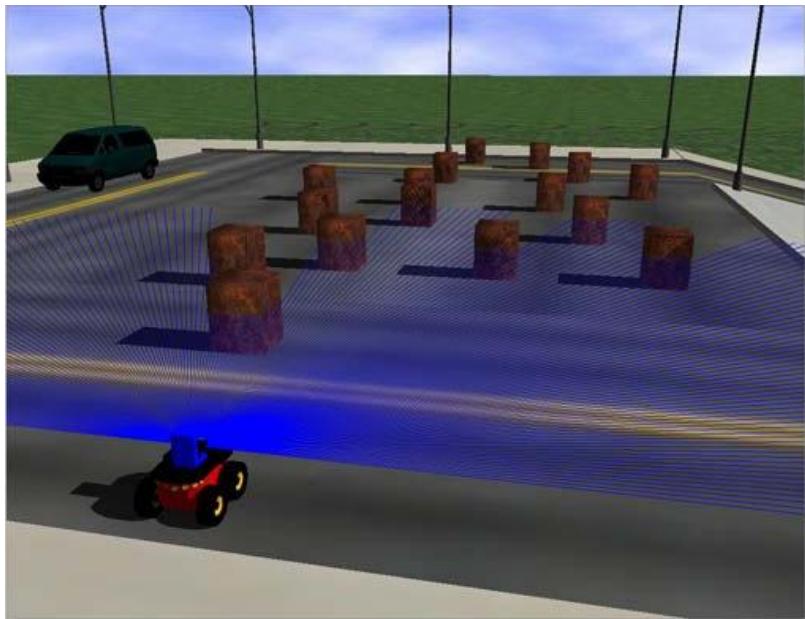
Testes em robôs  
de pequeno porte



Testes em robôs  
de grande porte

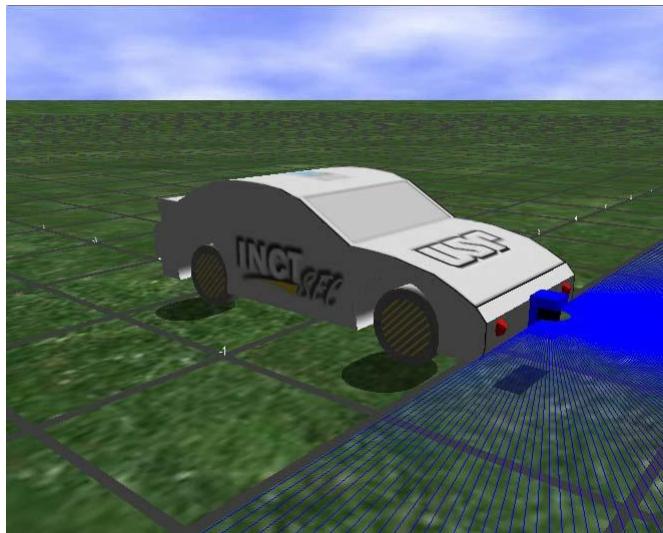
# Simulação de Robôs Móveis

## Simulador 3D Gazebo

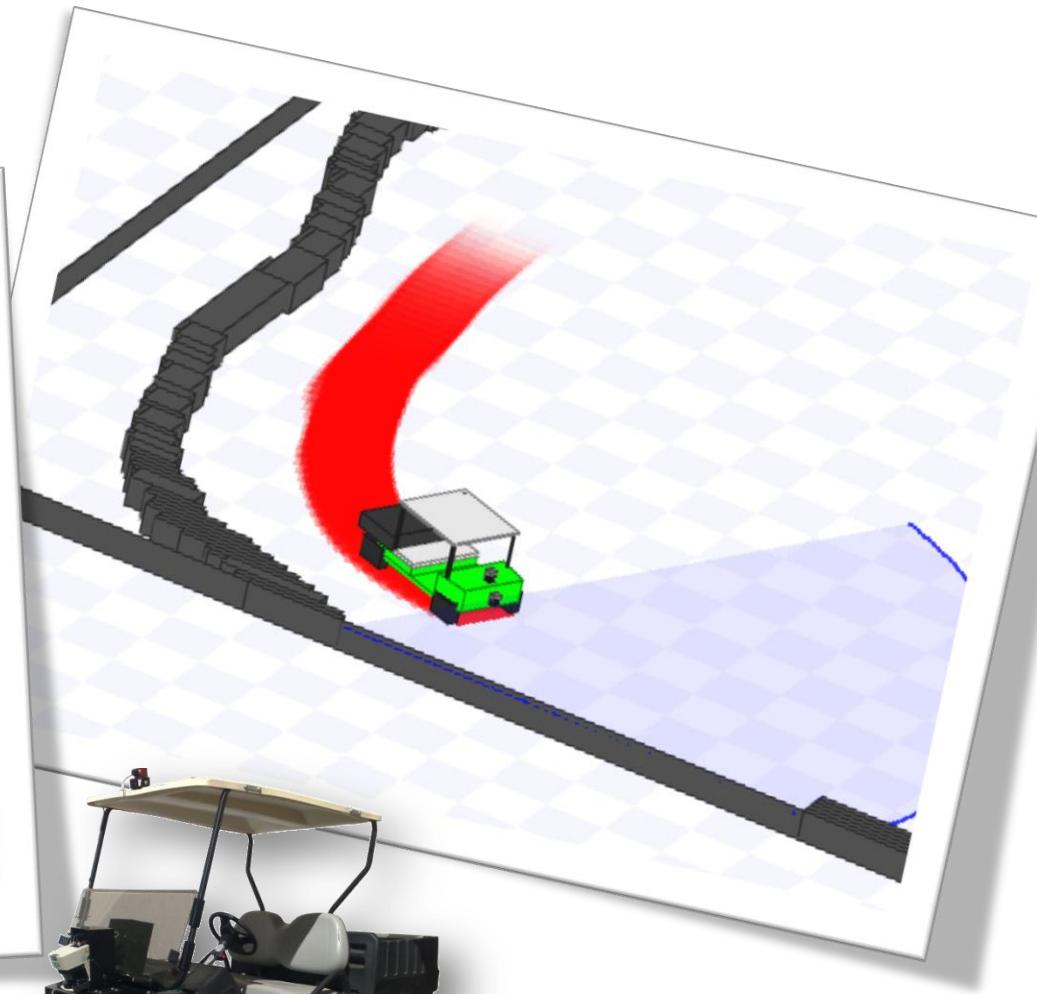
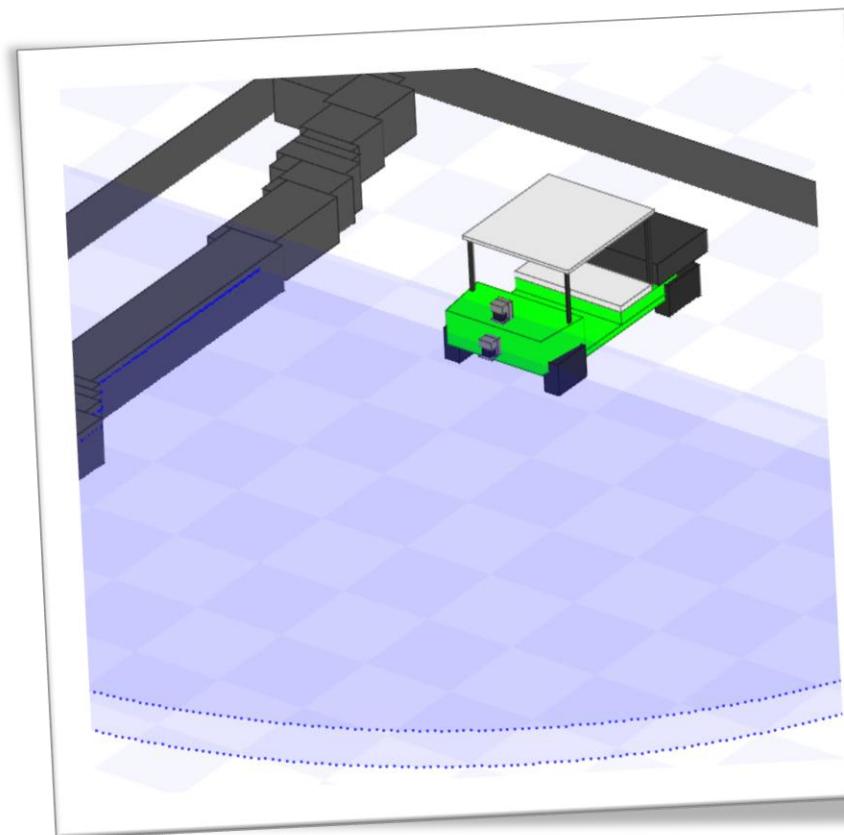


# Simulação de Robôs Móveis

## Simulador 3D Gazebo



# Player/Stage



# Gazebo



Applications Places System

Tue May 10, 11:13 AM fernandohp

**Gazebo**

File View

Models

- plane1\_model
- Carina\_model
- Carina\_model::laser
- Carina\_model::laser\_2
- directional white

Go To

Parameters

View Split Window Track Model

XYZ -1.45 4.25 3.67 RPY 0.00 31.20 -70.40

FPS 64 Triangles 6572

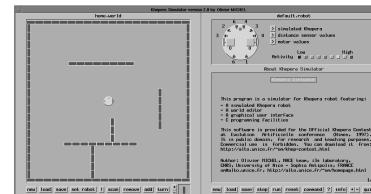
Time: [19.50 x Real Time 27.11 (sec) Real Time 768.24 (sec) Sim Time 0.00 Pause Time]

[YouTube - Dirty Danci... fernandohp@lrm-desk... Gazebo]

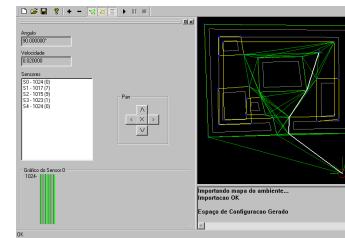
# Sensores e Atuadores: Simulação

## Modelos Sensoriais e Modelos de Atuadores

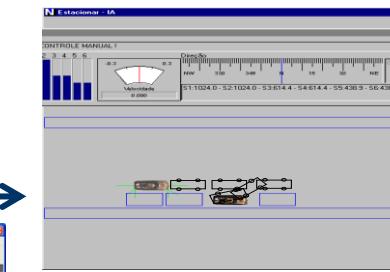
**KHEPERA-SIM**



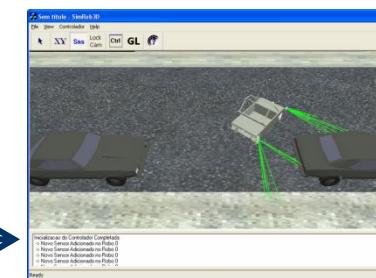
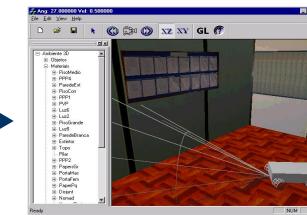
**SIMROB2D**



**SEVA2D**

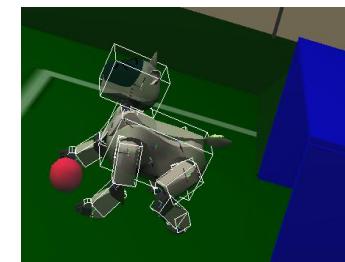
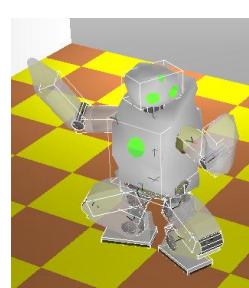


**SIMROB3D**



**SEVA3D**

**ODE-LegGen**



**Player-Stage**

**Webots**

**Juice**

**MSF Robotics Studio**

## MODELOS de Sensores

- Sonar, IR, Laser, GPS, ...

## MODELOS de Atuadores

- Controle de direcionamento e tração
- Cinemática: Diferencial, Ackerman

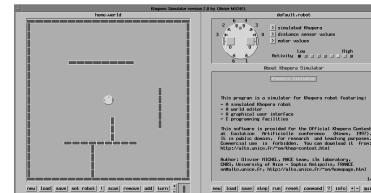
## MODELOS de Simulação Física

- Colisão, reação às colisões, atrito, gravidade, aceleração, desaceleração, inércia, ...

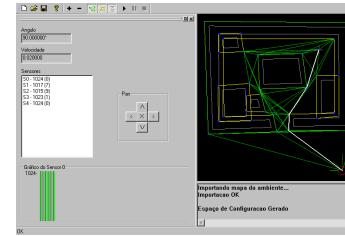
# Sensores e Atuadores: Simulação

## Modelos Sensoriais e Modelos de Atuadores

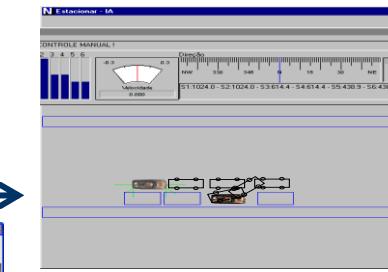
**KHEPERA-SIM**



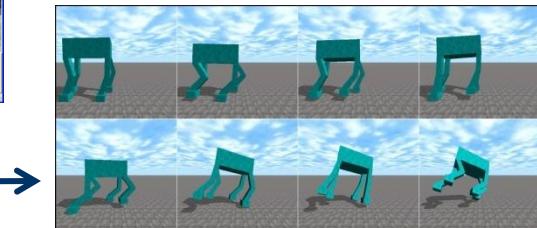
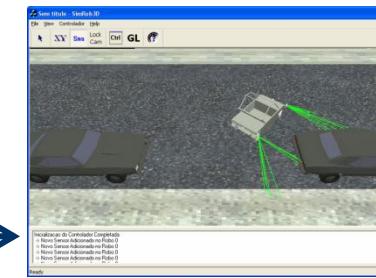
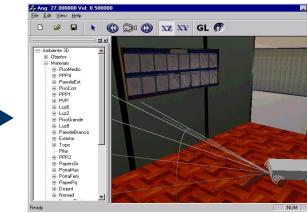
**SIMROB2D**



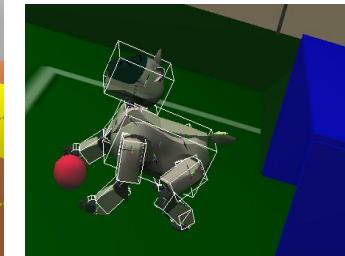
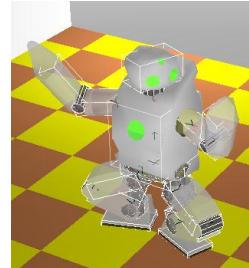
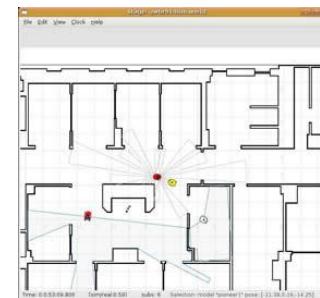
**SEVA2D**



**SIMROB3D**



**ODE-LegGen**



**Player-Stage**

**Webots**

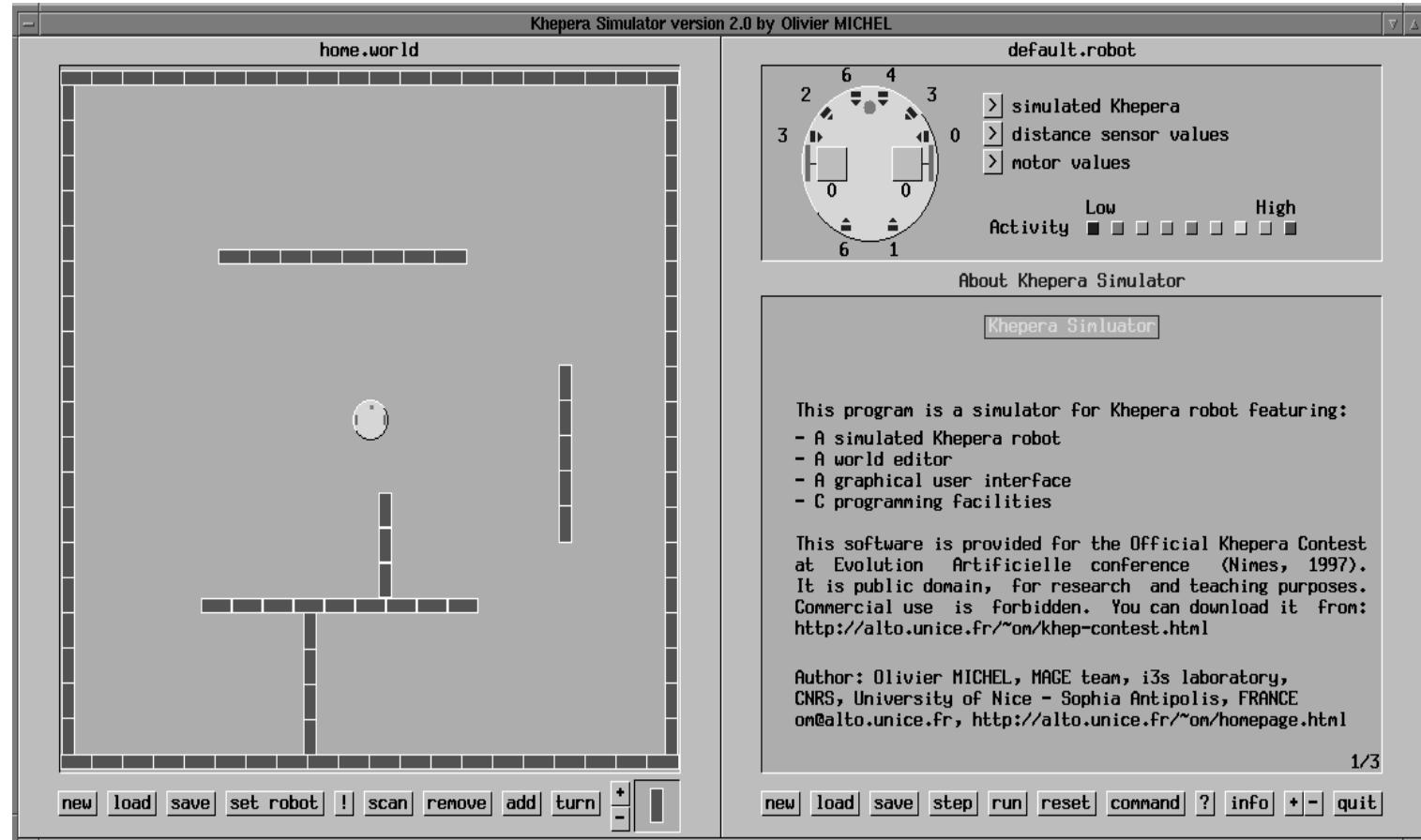
**Juice**

**MSF Robotics Studio**

# Sensores e Atuadores: Simulação

## Robótica Autônoma Inteligente Simuladores [Clássicos]

Simulador do *Khepera* / SIM 2.0 Unix / Olivier Mitchell / INRIA Sophia Antipolis

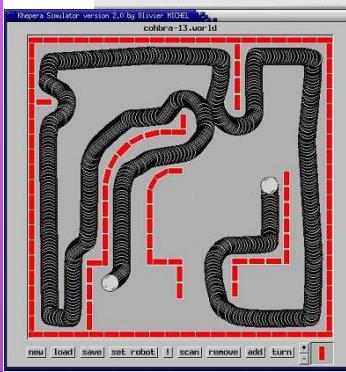


Sensores: 8 IR / Atuadores: 2 motores com cinemática diferencial

F.Osório 1997/98 (Ph.D.)

# Sensores e Atuadores: Simulação

Simulador do *Khepera*



Robô *Khepera*



> 2 DC brushed servo motors with incremental encoders  
> 8 infrared proximity and ambient light sensors (SFH900)

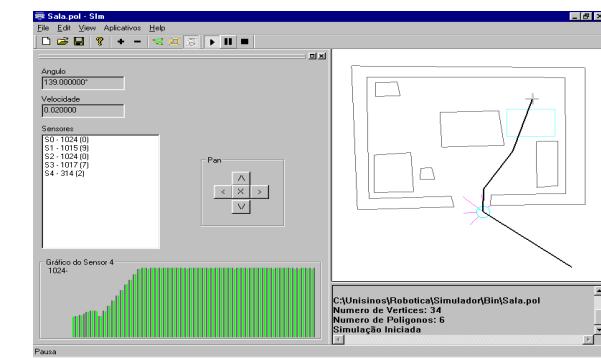
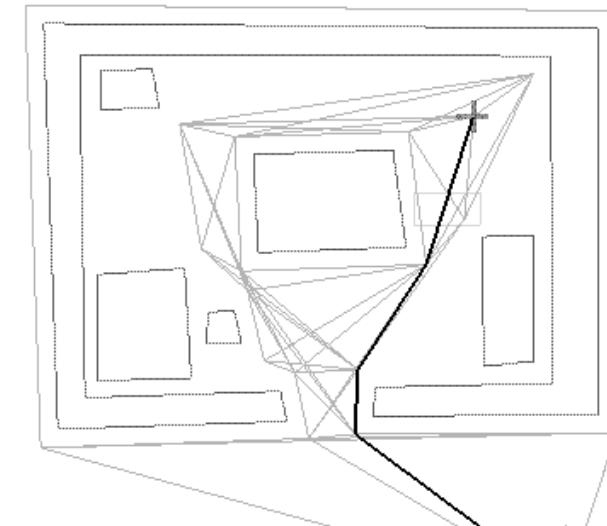
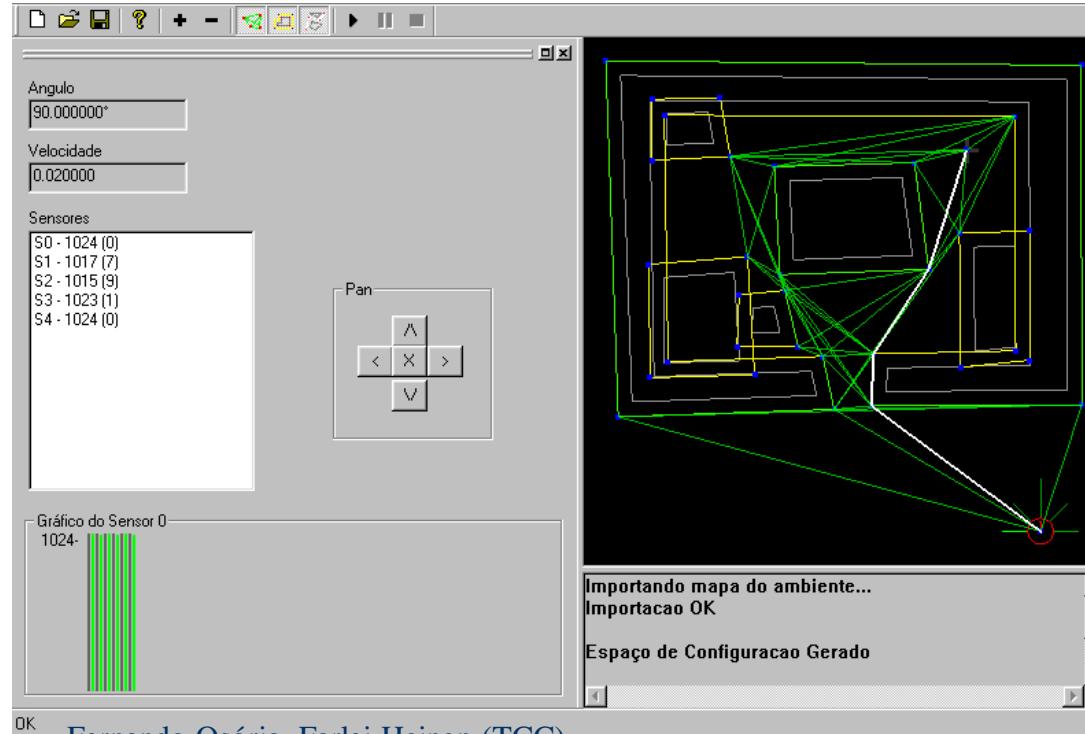
# Sensores e Atuadores: Simulação

## SIMROB2D

### Referência:

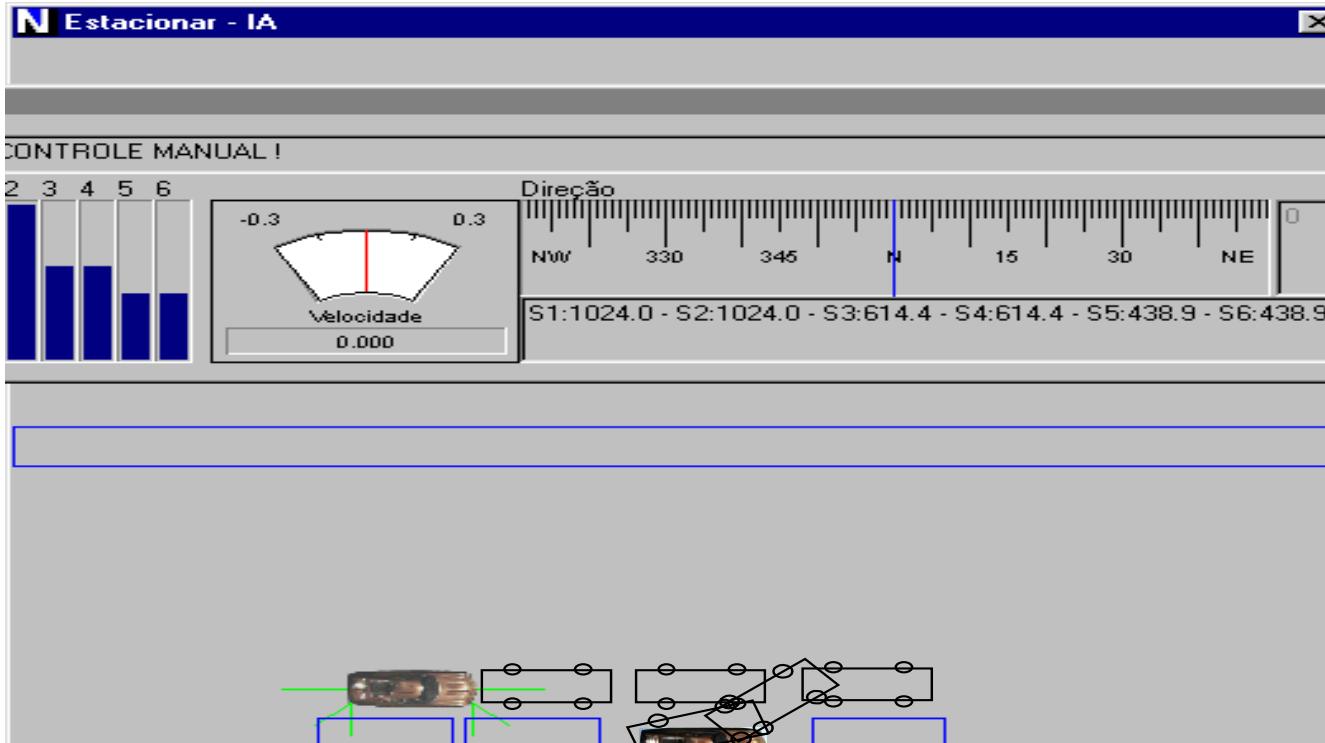
Farlei Heinen (Orientador: Fernando Osório )  
Robótica Autônoma: A integração entre planificação e comportamento reativo. 2000.

Sensores: 5 IR / Atuadores: 2 motores (diferencial)



# Sensores e Atuadores: Simulação

## SEVA2D – Simulador de Estacionamento de Veículos Autônomos 2D



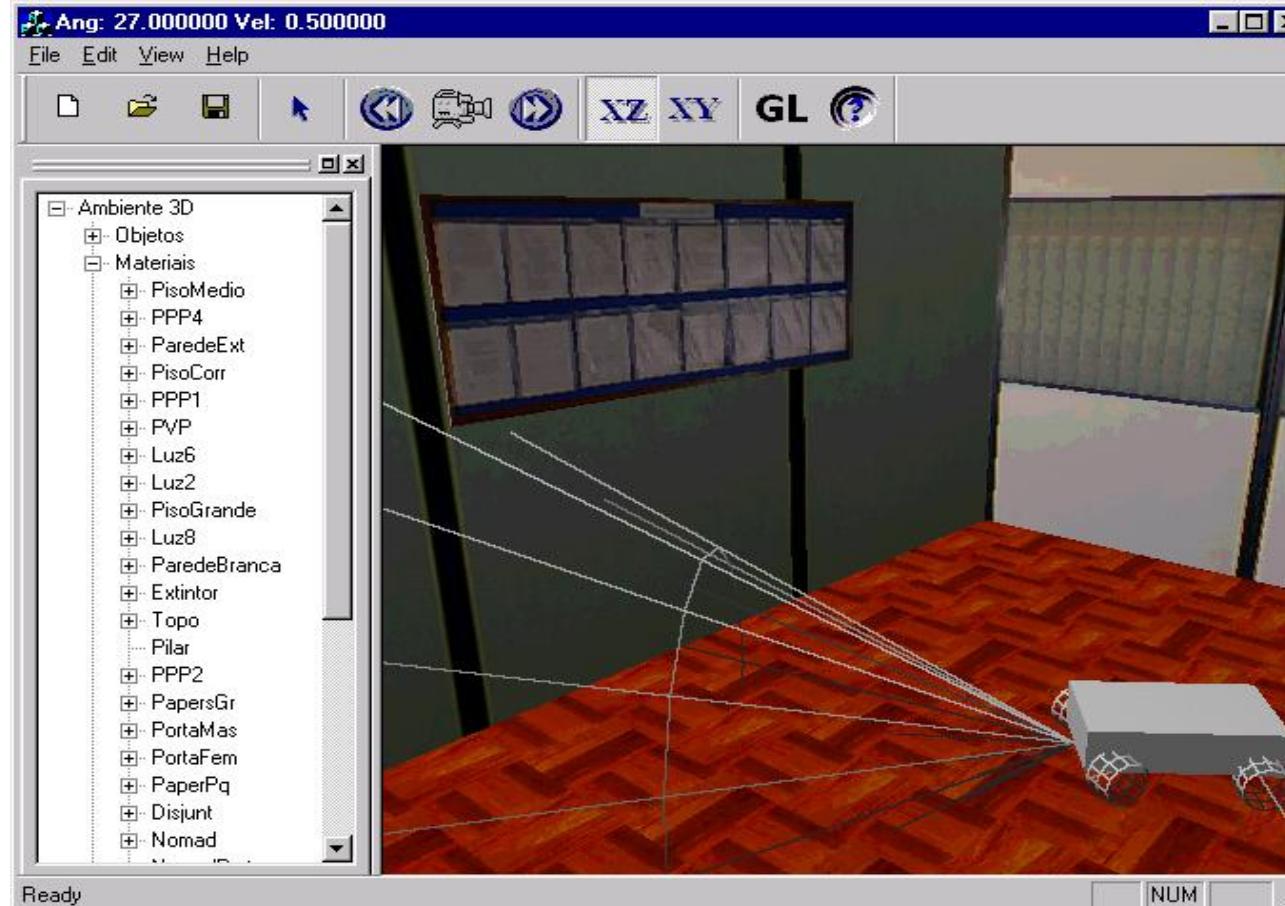
**Sensores:** 6 sensores de proximidade

**Atuadores:** atuador de direção (steering) e de aceleração (gas pedal) + frente/ré

**Cinemática do tipo Ackerman (veículo)** / Sem simulação da dinâmica do veículo

# Sensores e Atuadores: Simulação

## SIMROB3D – Simulador de Robôs 3D / Controle Híbrido COHBRA



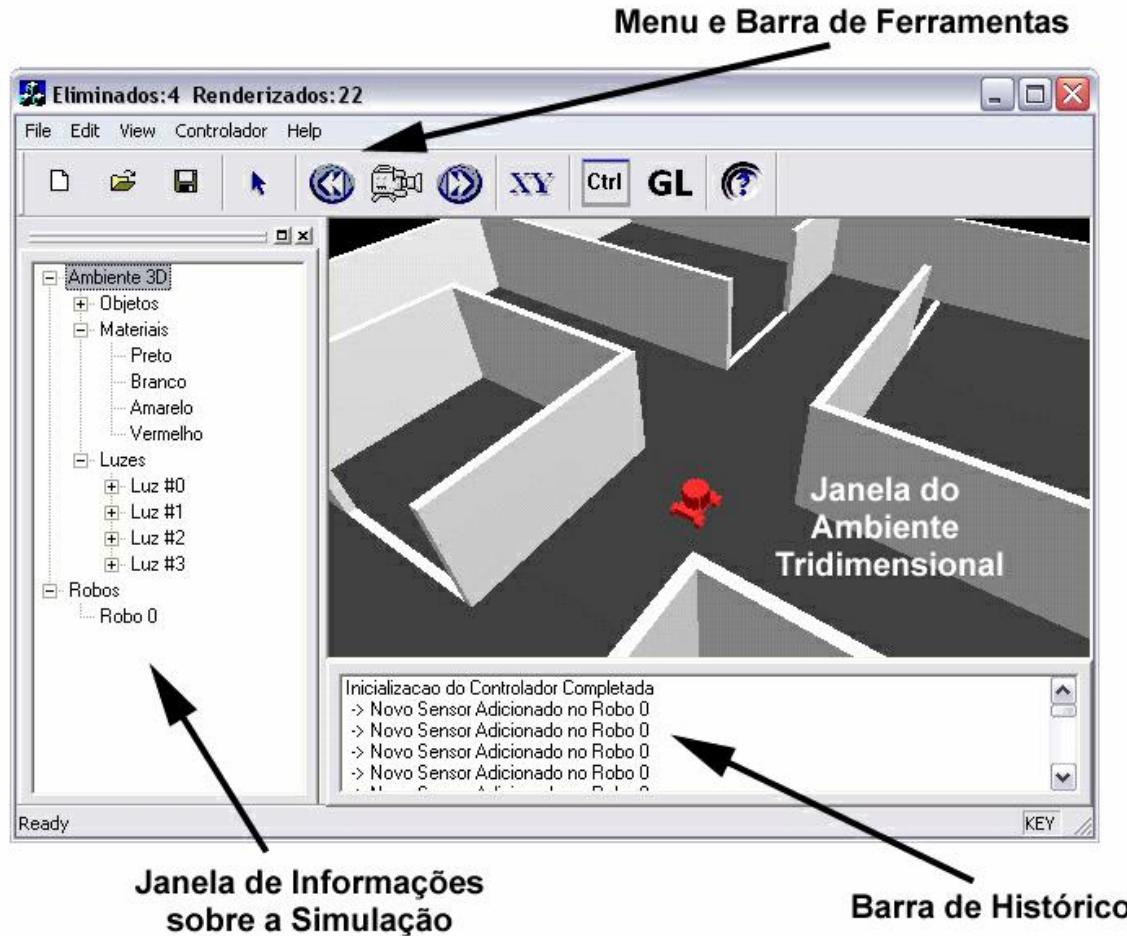
**Sensores: Bumper, IR ou Sonar (configurável pelo usuário)**

**Atuadores: Cinemática diferencial ou Ackerman (configurável pelo usuário)**

Fernando Osório, Farlei Heinen (M.Sc.)

# Sensores e Atuadores: Simulação

## SIMROB3D – Simulador de Robôs 3D / Controle Híbrido COHBRA

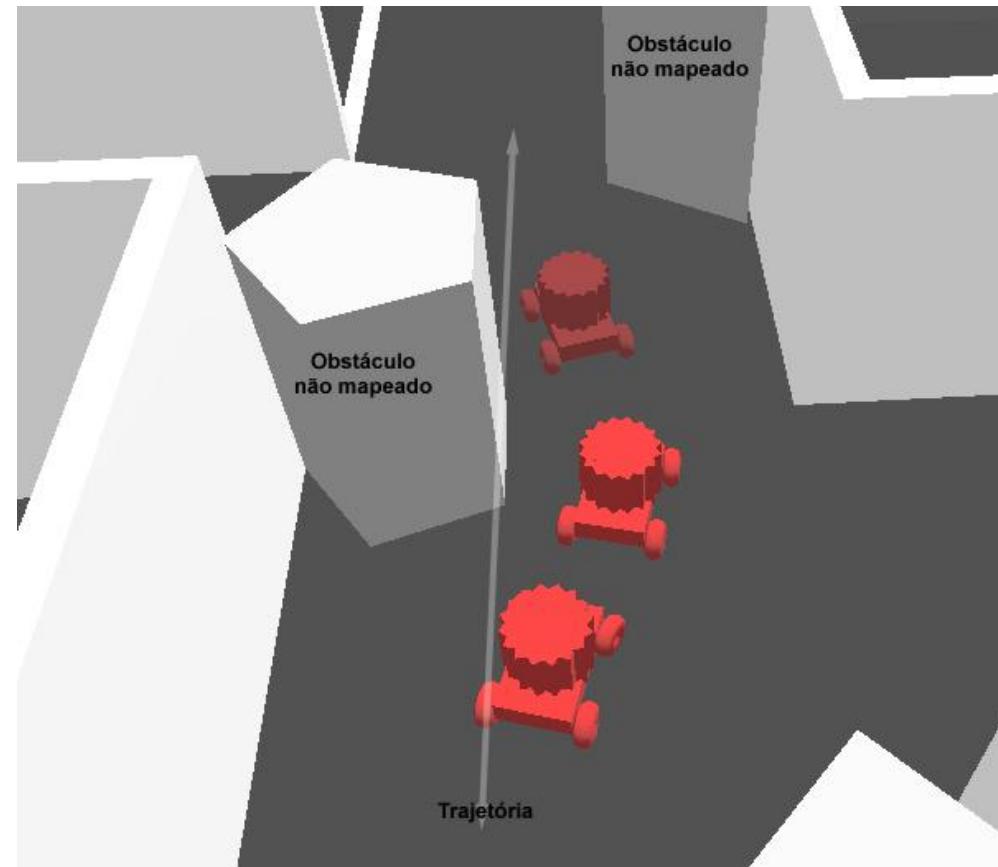
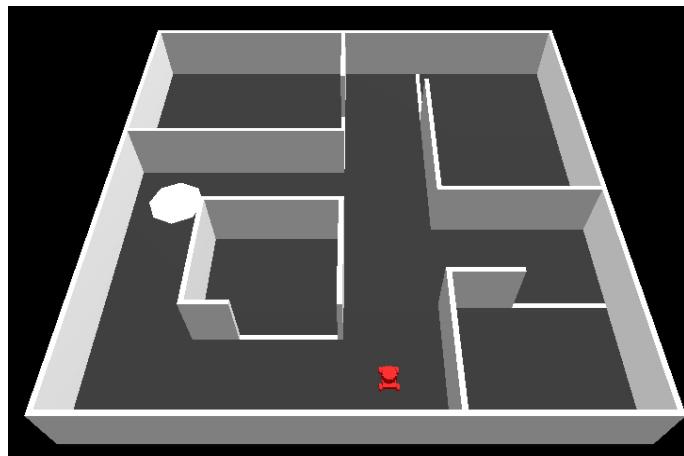
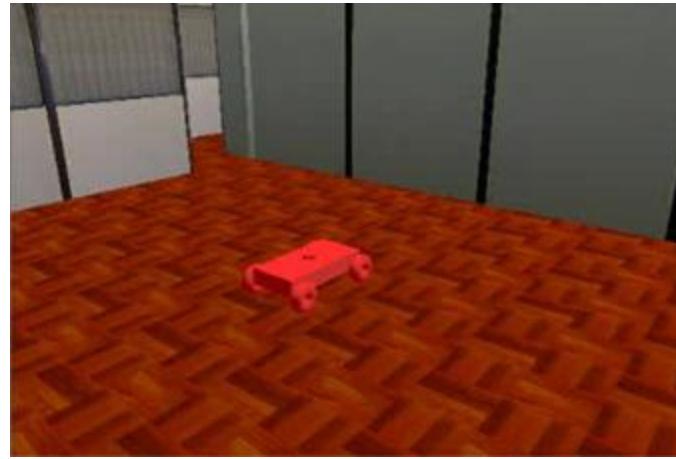


Sensores: Bumper, IR ou Sonar (configurável pelo usuário)

Atuadores: Cinemática diferencial ou Ackerman (configurável pelo usuário)

# Sensores e Atuadores: Simulação

## SIMROB3D – Simulador de Robôs 3D / Controle Híbrido COHBRA



**Sensores:** Bumper, IR ou Sonar (configurável pelo usuário)

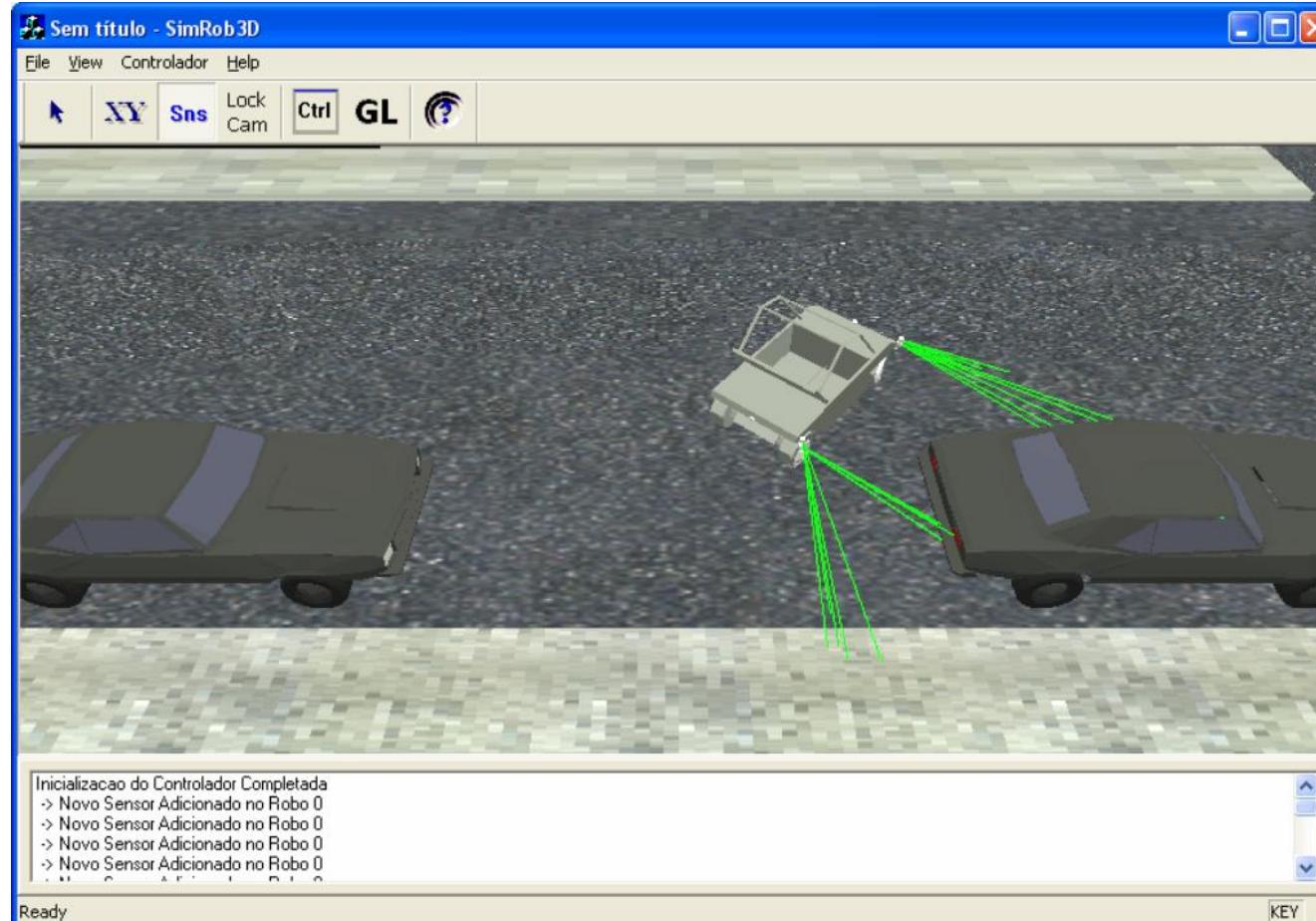
**Atuadores:** Cinemática Diferencial ou Ackerman (configurável pelo usuário)

Fernando Osório, Farlei Heinen (M.Sc.)

# Sensores e Atuadores: Simulação

Fernando Osório  
Farlei Heinen  
Milton Heinen  
(IJCNN 2006)

## SEVA3D – Simulador de Estacionamento de Veículos Autônomos 3D



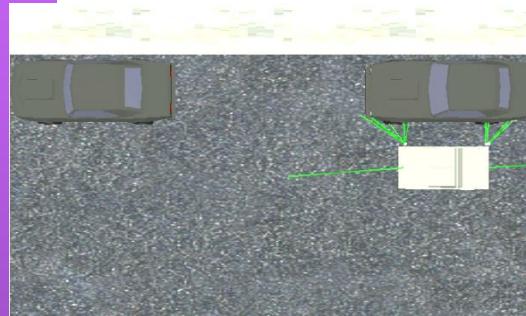
**Sensores:** Sonar (configurável pelo usuário) e Odômetro

**Atuadores:** Cinemática Ackerman

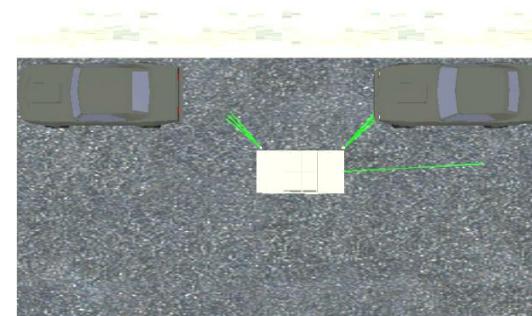
**Usual:** 6 sonares com posições específicas, odômetro, controle de velocidade e de giro da direção

# Sensores e Atuadores: Simulação

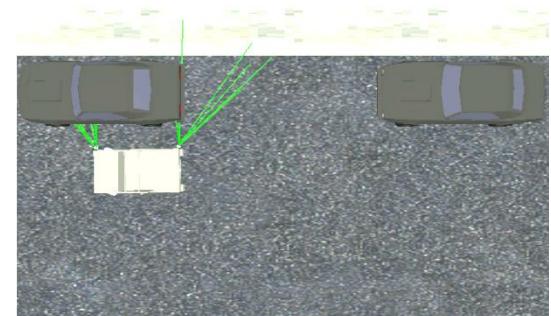
## SEVA3D – Simulador de Estacionamento de Veículos Autônomos 3D



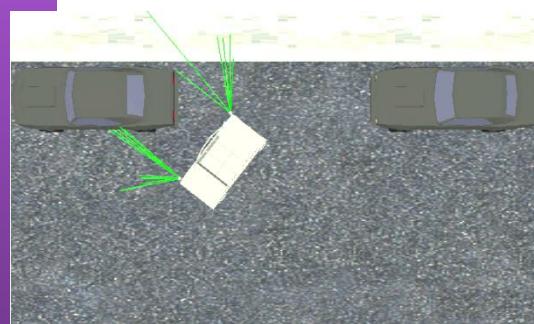
Searching Parking Space



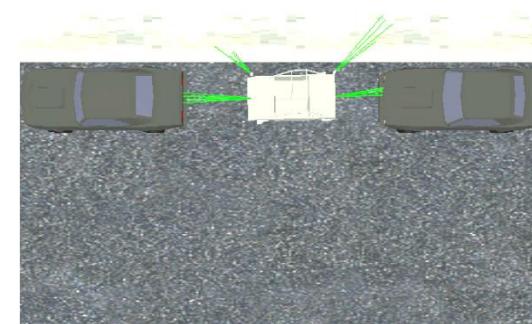
Positioning Outside



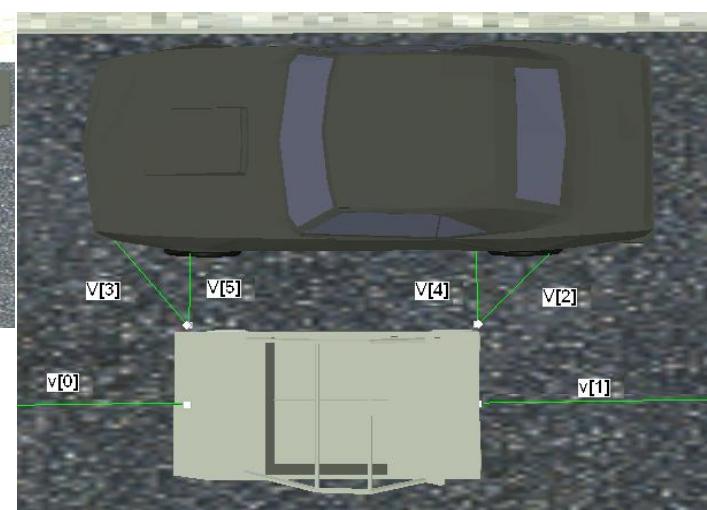
Entering



Positioning Inside



Aligning

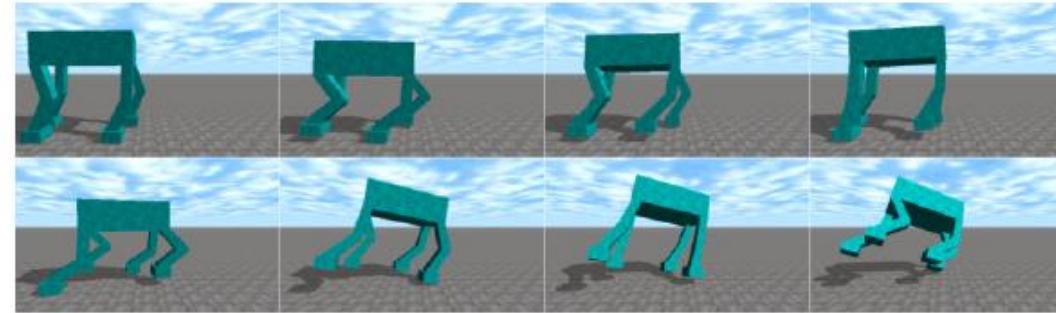


Sensores: Sonar (configurável pelo usuário) e Odômetro  
Atuadores: Cinemática Ackerman (velocidade e giro da direção)

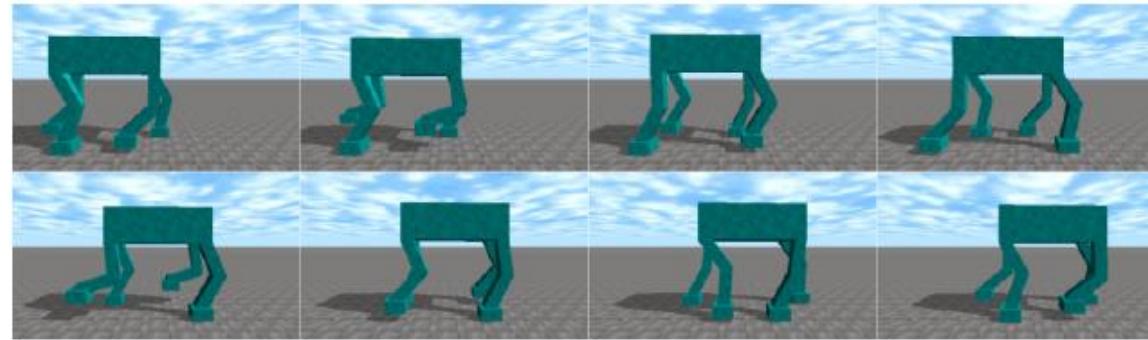
# Sensores e Atuadores: Simulação

Fernando Osório, Milton Heinen (M.Sc.)

## LegGen – Simulador Robôs Articulados com Patas



Simulação Física usando a ODE



**Sensores:** Acelerômetro (XYZ), Bumber (nas patas), Odômetro

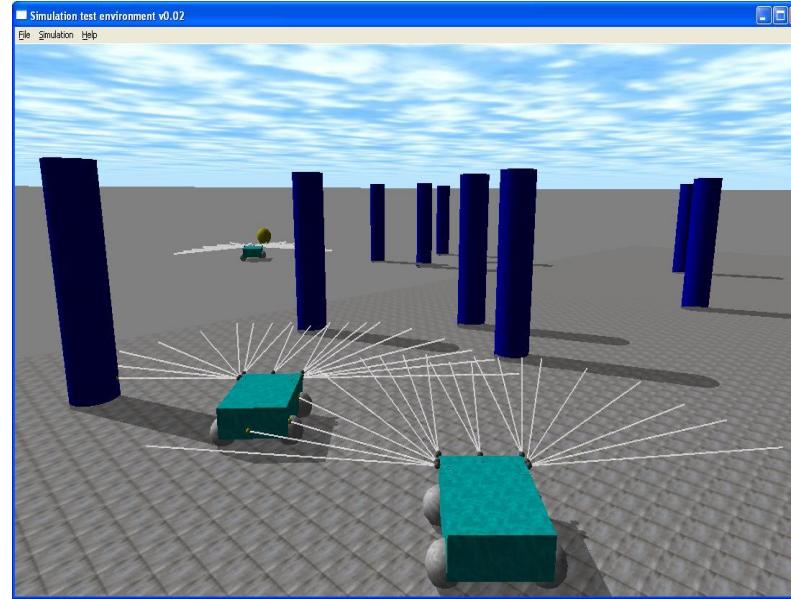
**Atuadores:** Controle dos Motores das Juntas

**Simulação:** Cinemática e Dinâmica do Movimento (gravidade, inércia, fricção, colisão, torque, etc)

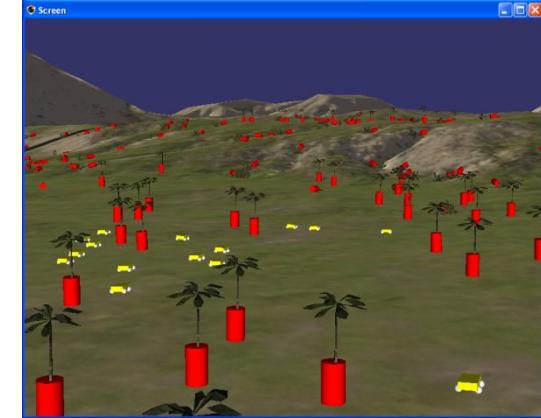
# Sensores e Atuadores: Simulação

## RoBombeiros – Simulador Robôs para Combate à Incêndios

Fernando Osório, Gustavo Pessin (M.Sc.)

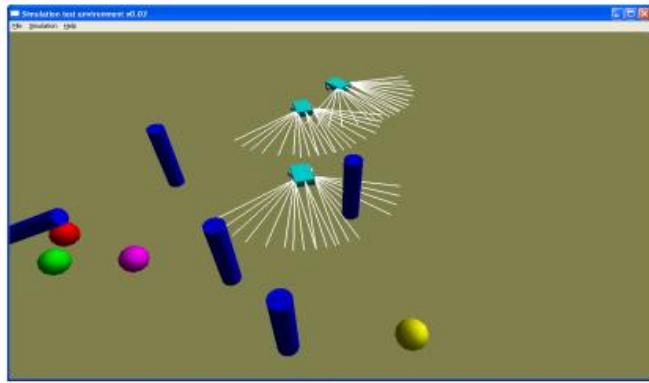


Simulação Física usando a ODE

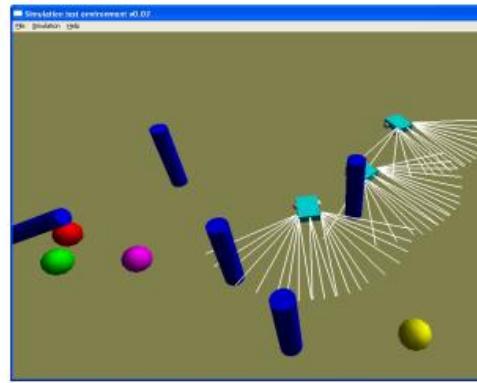


# Sensores e Atuadores: Simulação

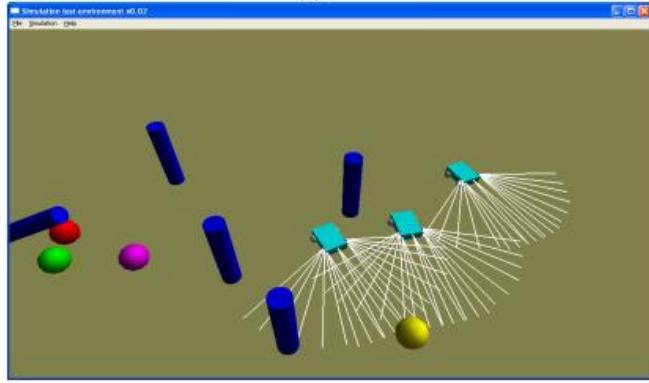
## RoBombeiros – Simulador Robôs para Combate à Incêndios



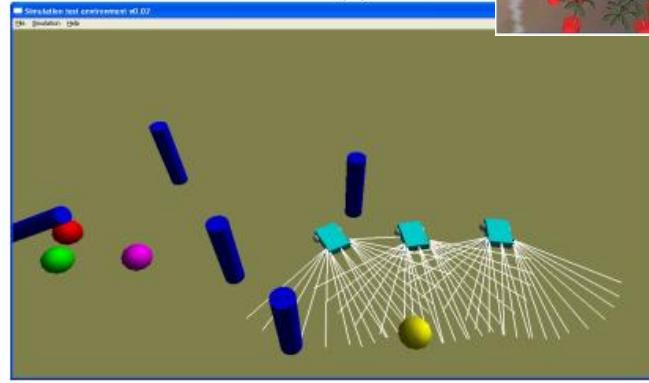
(a)



(b)



(c)



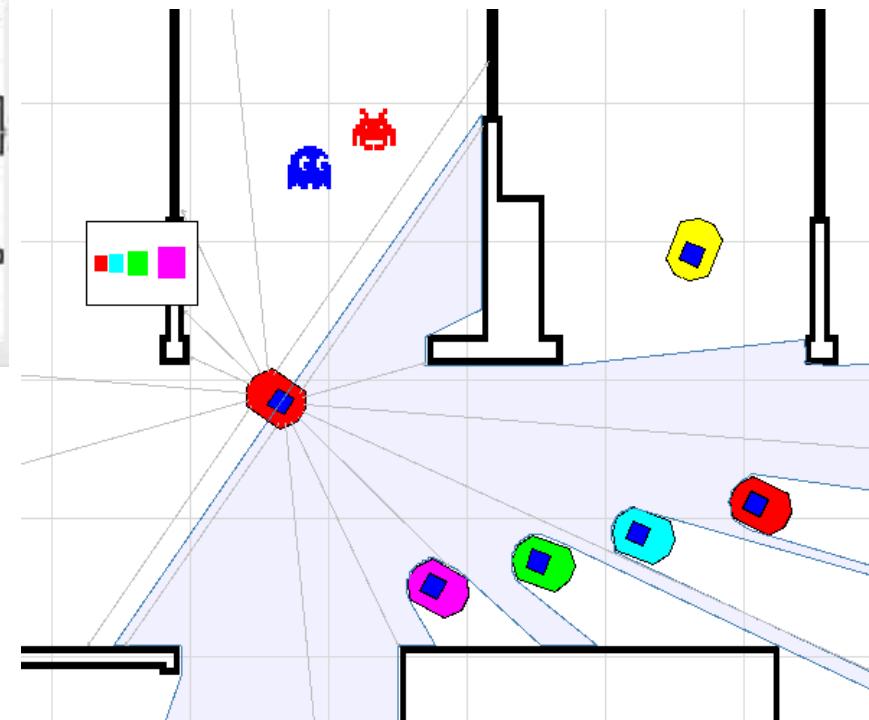
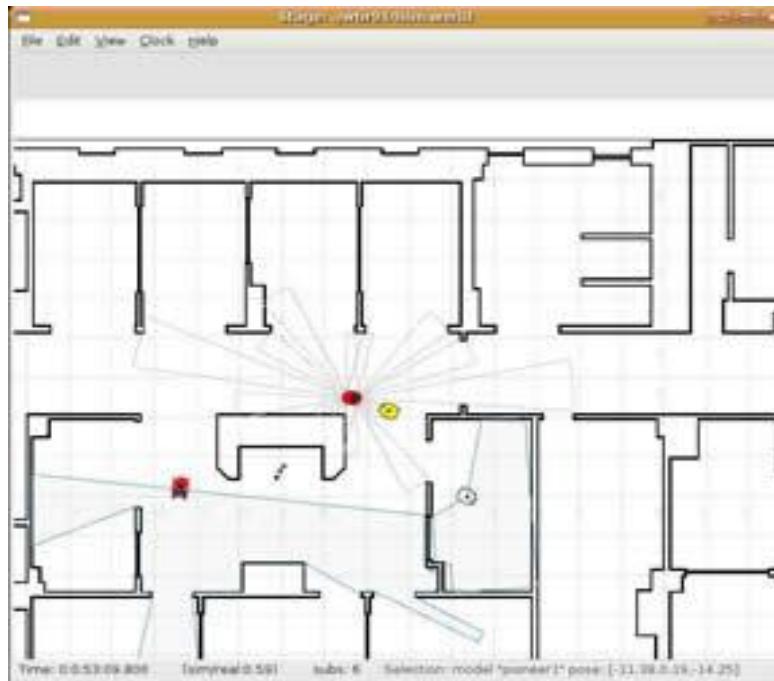
(d)



Seqüências de uma simulação com navegação e desvio satisfatórios

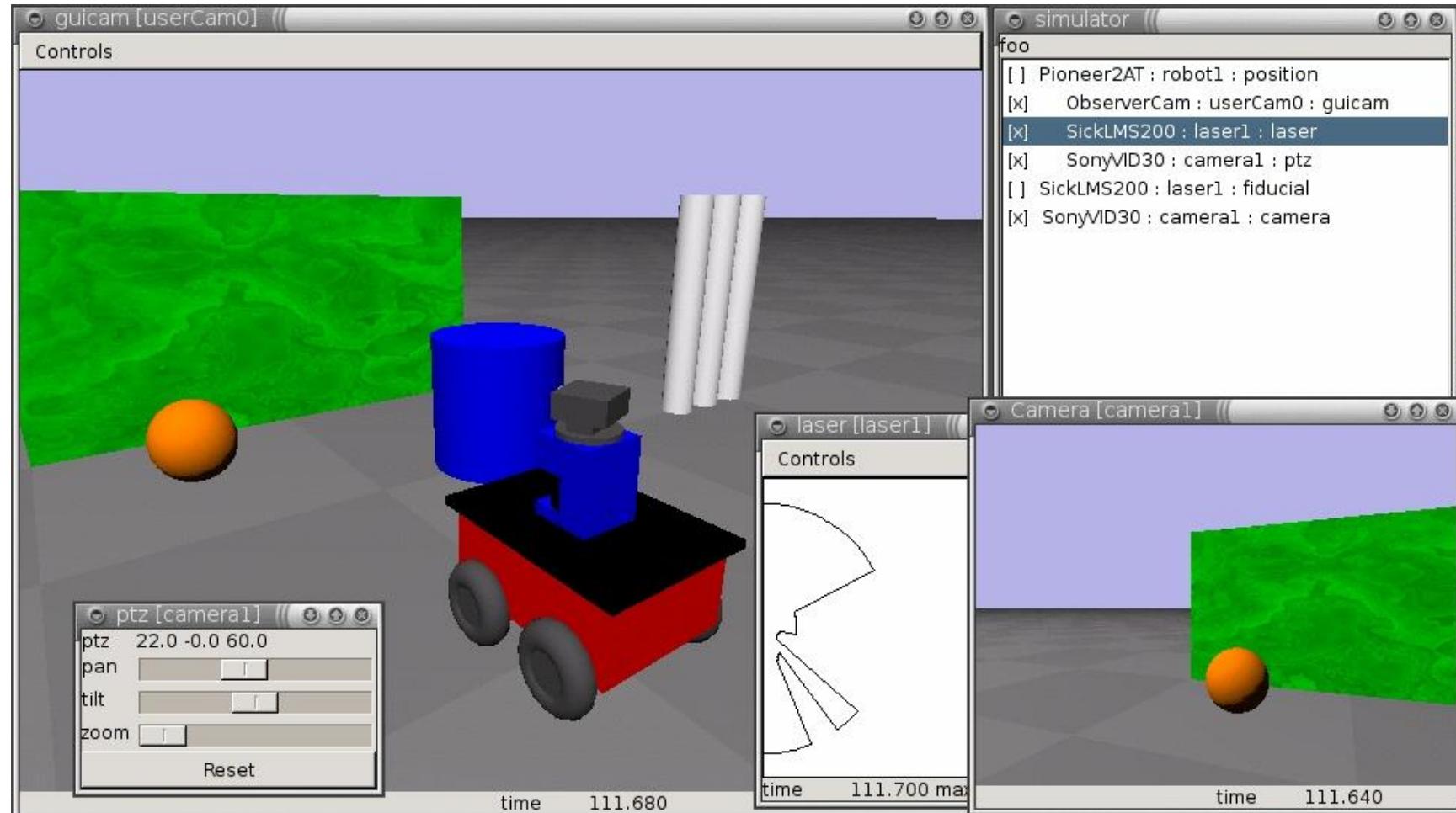
# Sensores e Atuadores: Simulação

Player – Stage - Gazebo



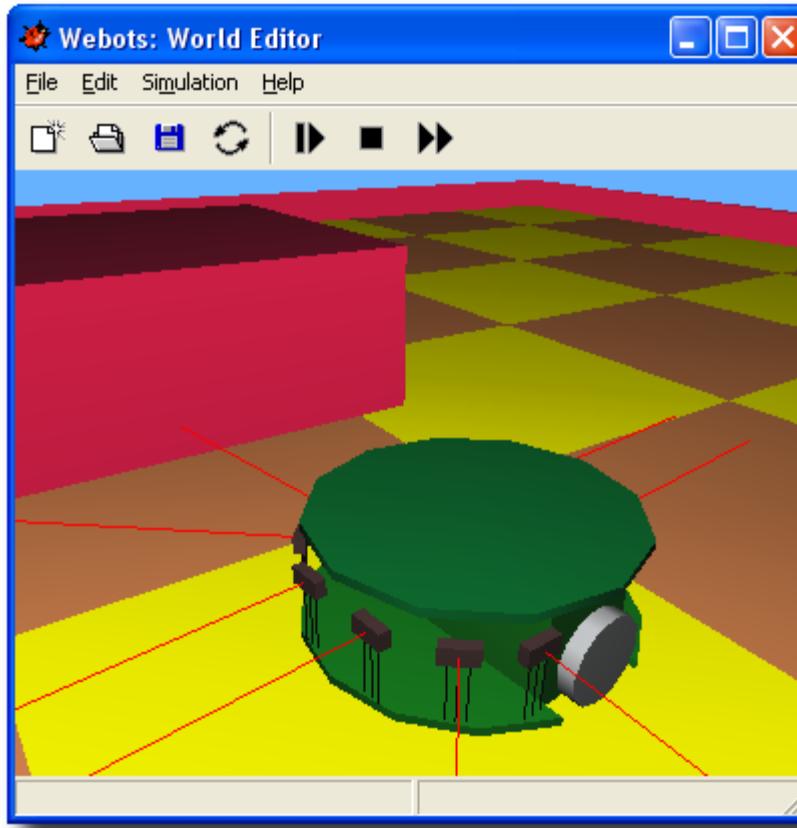
# Sensores e Atuadores: Simulação

## Player – Stage - Gazebo

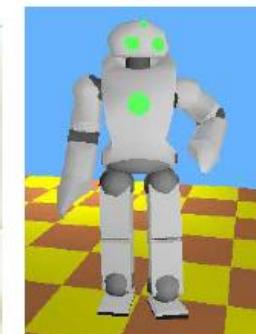


# Sensores e Atuadores: Simulação

## Webots



The Sony Dream Robot  
in the real world



The Sony Dream Robot  
simulated into Webots

## Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

Março 2011

INCT:

- **Grupo de Trabalho 1:**

**Desenvolvimento de Robôs Táticos para Ambientes Internos**

- **Grupo de Trabalho 2:**

**Desenvolvimento de Veículos Terrestres Autônomos**

**Temas e Projetos de Pesquisa:**

- **Mestrado: Navegação Visual - Leandro Couto**
- **Mestrado: Processamento de Imagens com FPGA – Maurício Dias**
- **Mestrado: RNAs que aprendem Autômatos Finitos – Daniel Sales**
- **Mestrado: Fusão 2D (câmera térmica) com 3D (Kinect) – Diogo Correa**
- **Doutorado: Sistemas Multi-Robóticos – Gustavo Pessin**
- **Doutorado: Controle, Navegação e Mapeamento com Veículo – Leandro Fernandes**

## Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

### INCT:

- **Grupo de Trabalho 1:**

#### **Desenvolvimento de Robôs Táctiles**

- **Grupo de Trabalho 2:**

#### **Desenvolvimento de Veículos**

### Problemas Pesquisados:

- Localização
- Planejamento de Trajetórias
- Controle de Navegação
- Navegação Autônoma
- Navegação Tele-Operada c/Supervisão
- Integração dos Dados Sensoriais
- Comunicação de Dados
- Cooperação e Coordenação entre Robôs

### Temas e Projetos de Pesquisa:

- **Mestrado: Navegação Visual - Leandro Couto**
- **Mestrado: Processamento de Imagens com FPGA – Maurício Dias**
- **Mestrado: RNAs que aprendem Autômatos Finitos – Daniel Sales**
- **Mestrado: Fusão 2D (câmera térmica) com 3D (Kinect) – Diogo Correa**
- **Doutorado: Sistemas Multi-Robóticos – Gustavo Pessin**
- **Doutorado: Controle, Navegação e Mapeamento com Veículo – Leandro Fernandes**

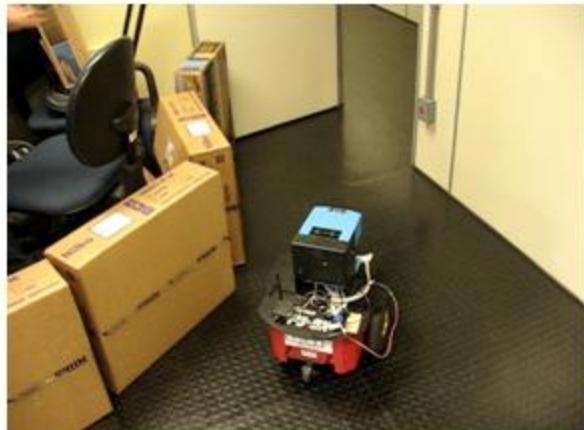
## Estudo de Caso: INCT-SEC GT1

# Objetivos

- Monitoramento: Patrulhar o Ambiente
- Detectar Incidentes: Intrusos, Incêndios
- Alertar: Situações Anômalas
- Tele-Operação: Garantir a Segurança do Operador
- Tele-Operação: Garantir a Segurança do Robô
- Tele-Operação: Garantir a Segurança das Entidades do Ambiente
- Operação Autônoma
- Equipe: Coordenação e Estratégia

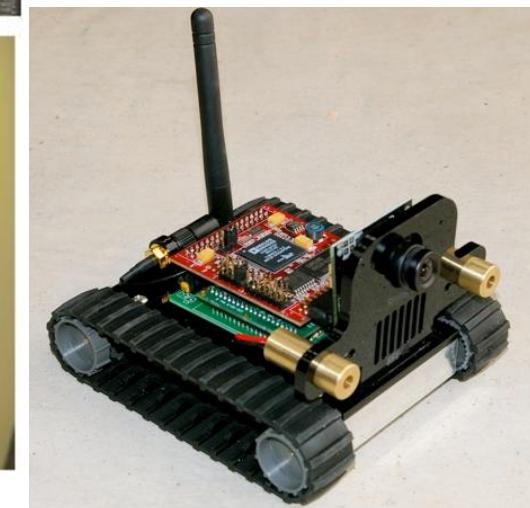
## Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

### INCT: GT1 - Desenvolvimento de Robôs Táticos para Ambientes Internos



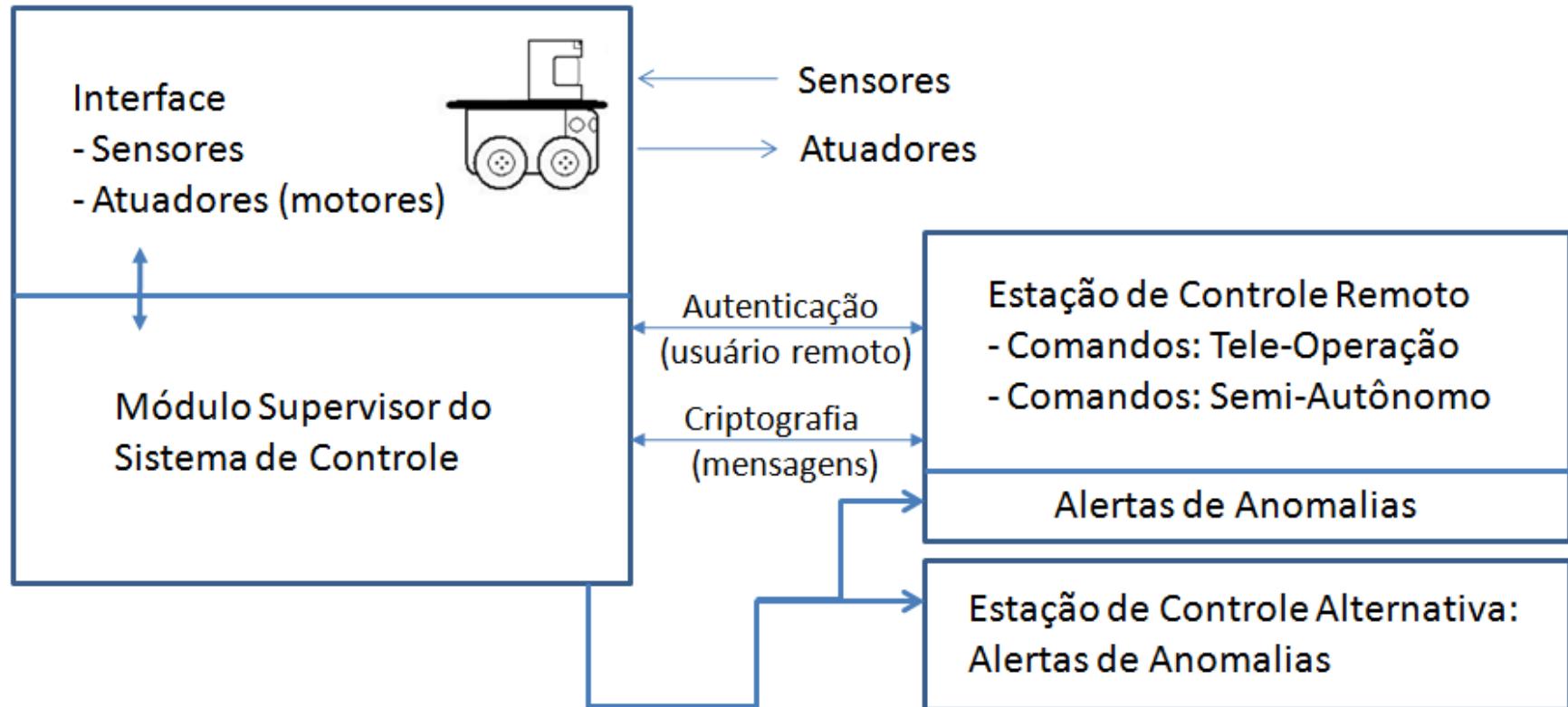
Tele-Operação:

- Teste PUC-RS x ICMC
- Controle Remoto
- Comunicação
- Sensores x Atuadores
- Câmera Embarcada



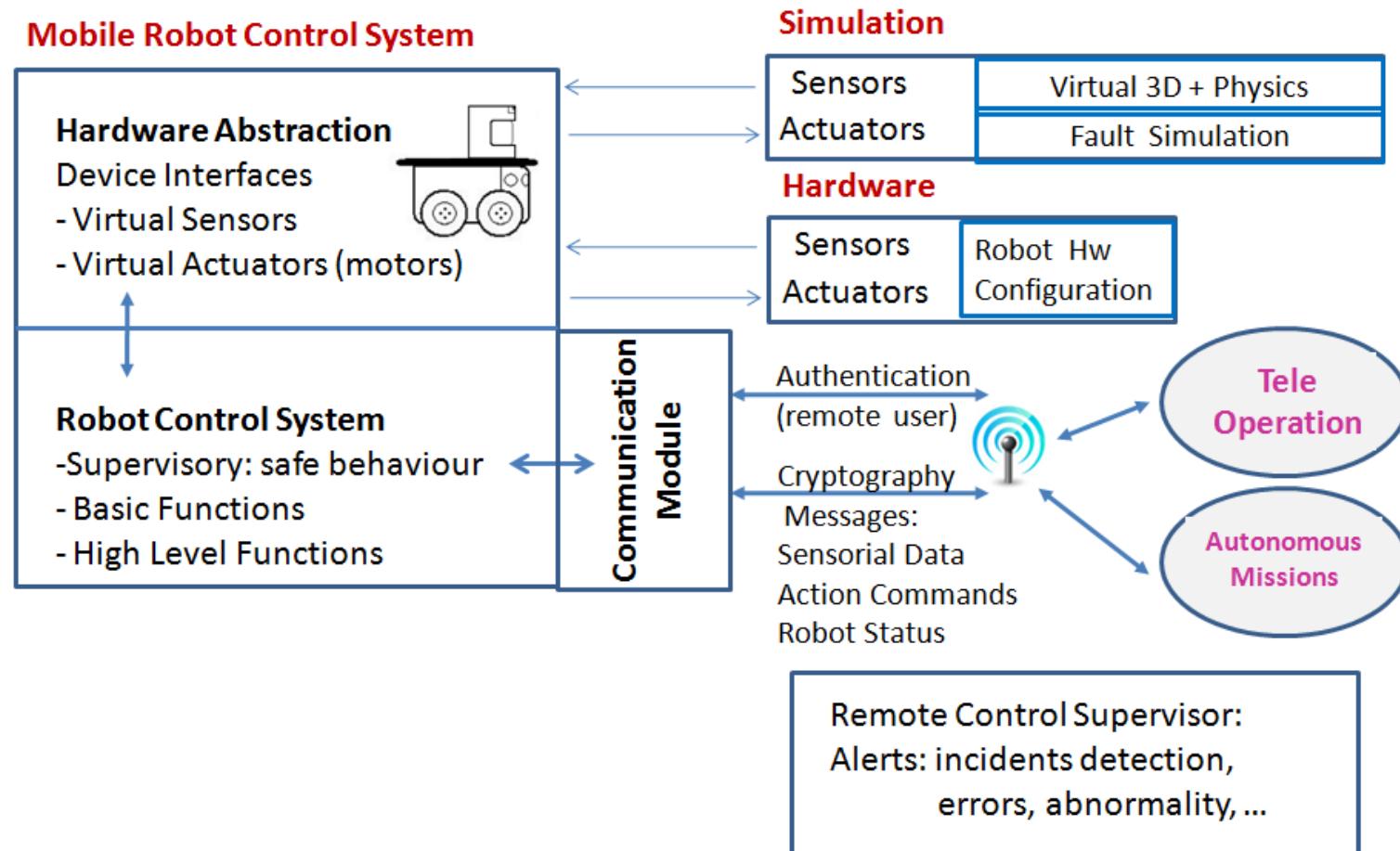
## Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

### INCT: GT1 - Desenvolvimento de Robôs Táticos para Ambientes Internos



## Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

### INCT: GT1 - Desenvolvimento de Robôs Táticos para Ambientes Internos



## Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

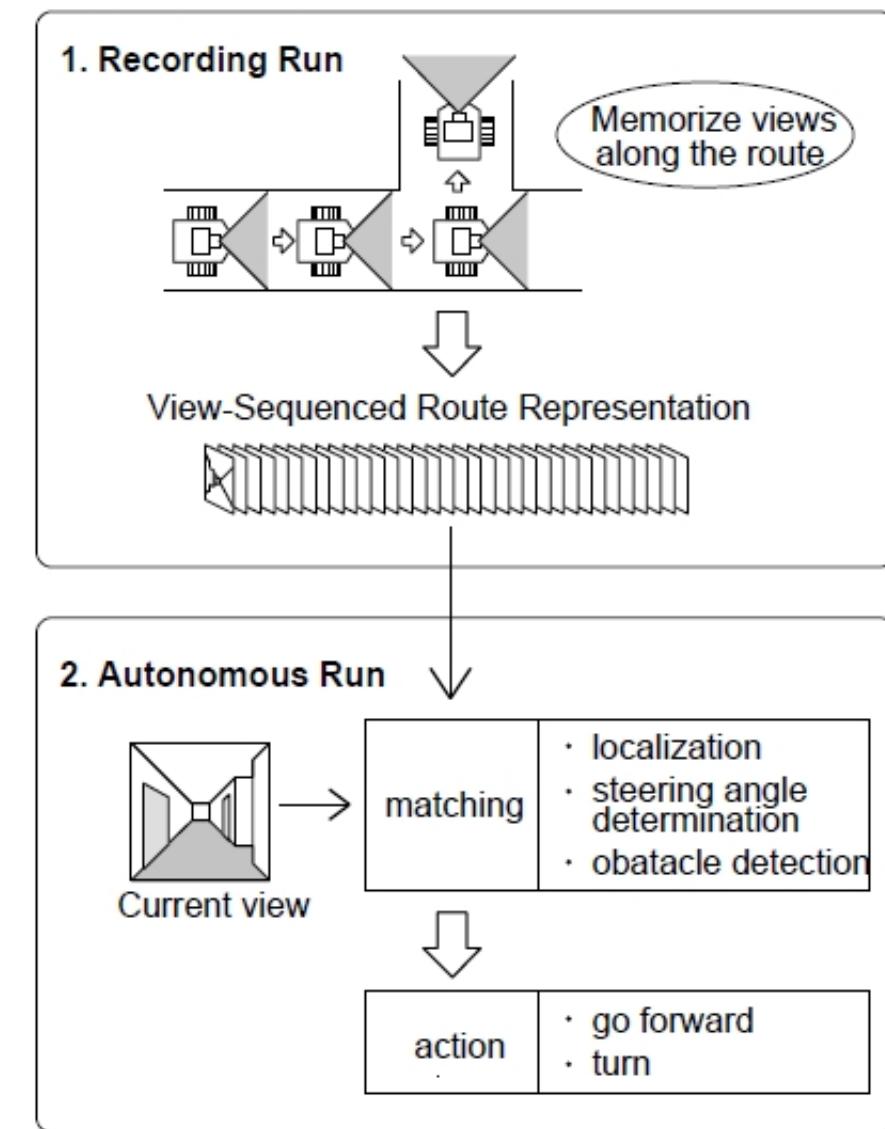
### Pesquisa: Navegação Visual Leandro Couto

Correlação de Imagens:

- Correlação de Bitmaps
- Correlação de Histogramas
- NCC

Pontos de Referência em Imagens  
(Features Robustas):

- SIFT
- SURF



## Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

Pesquisa: Navegação Visual  
Leandro Facchinetti

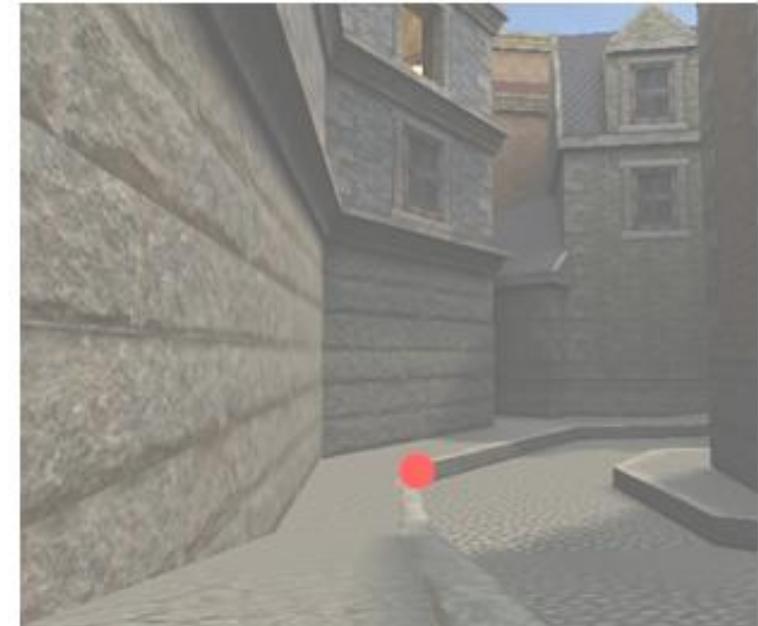
Correlação de Imagens:  
Localização relativa

Controle:  
Ações de movimento, por exemplo,  
girar para a direita e avançar

Memória: Imagem Original

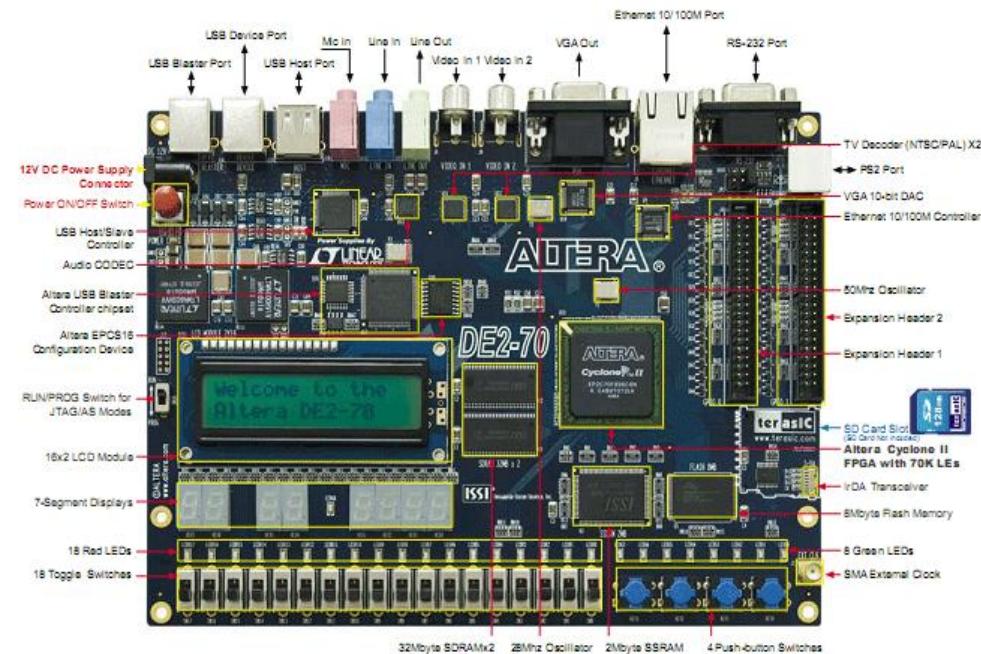
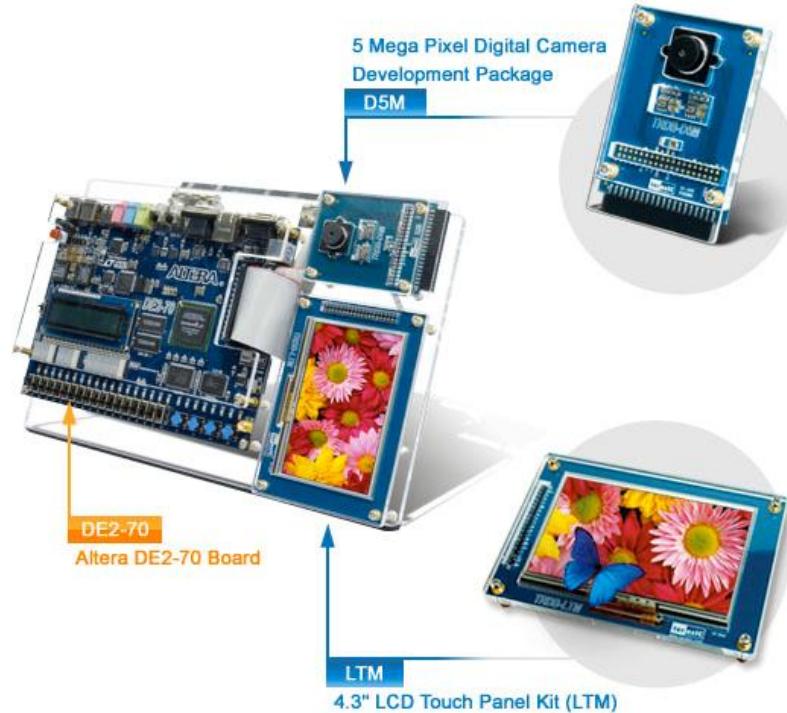


Robô: Imagem Capturada



## Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

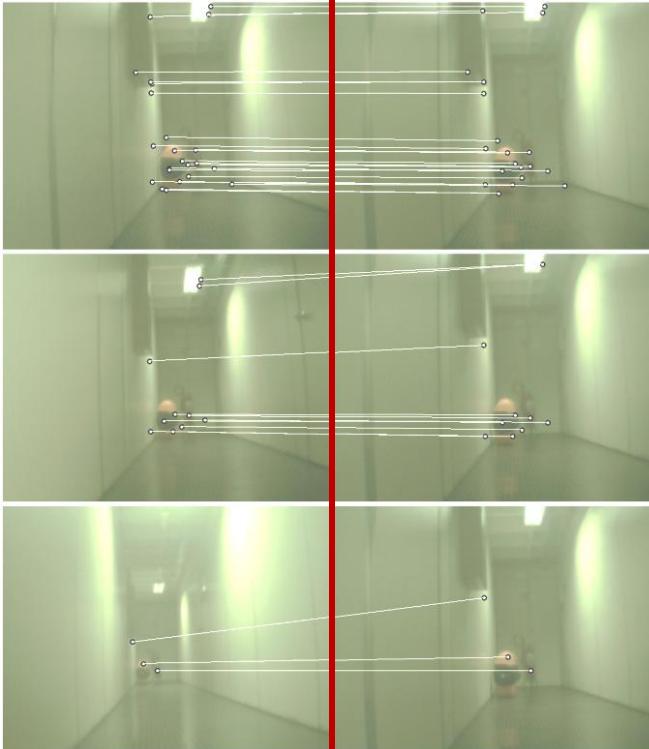
### Pesquisa: Processamento de Imagens com FPGA – Maurício Dias



## Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

### Pesquisa: Navegação Visual

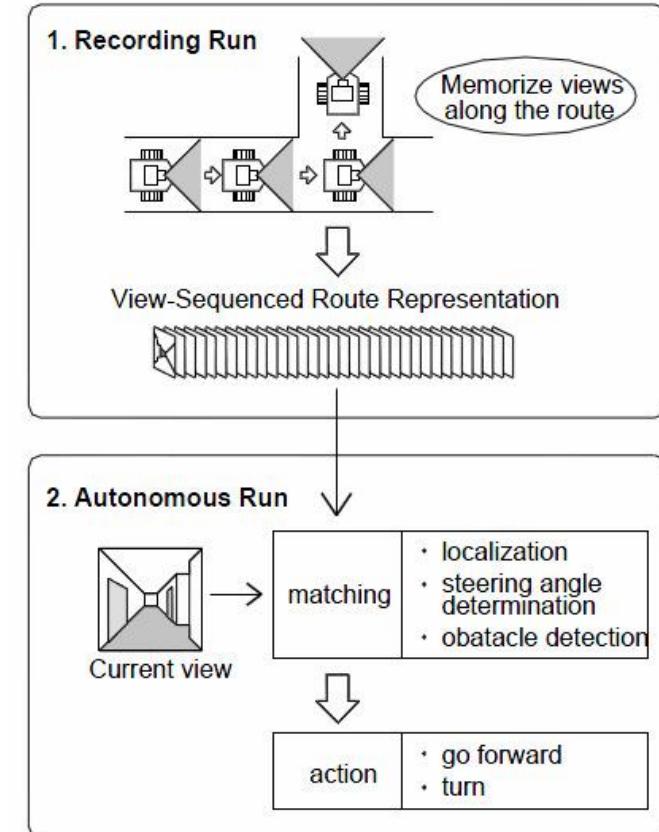
Leandro Couto



Pontos de Referência SIFT e SURF  
Localização Global e Local (relativa)

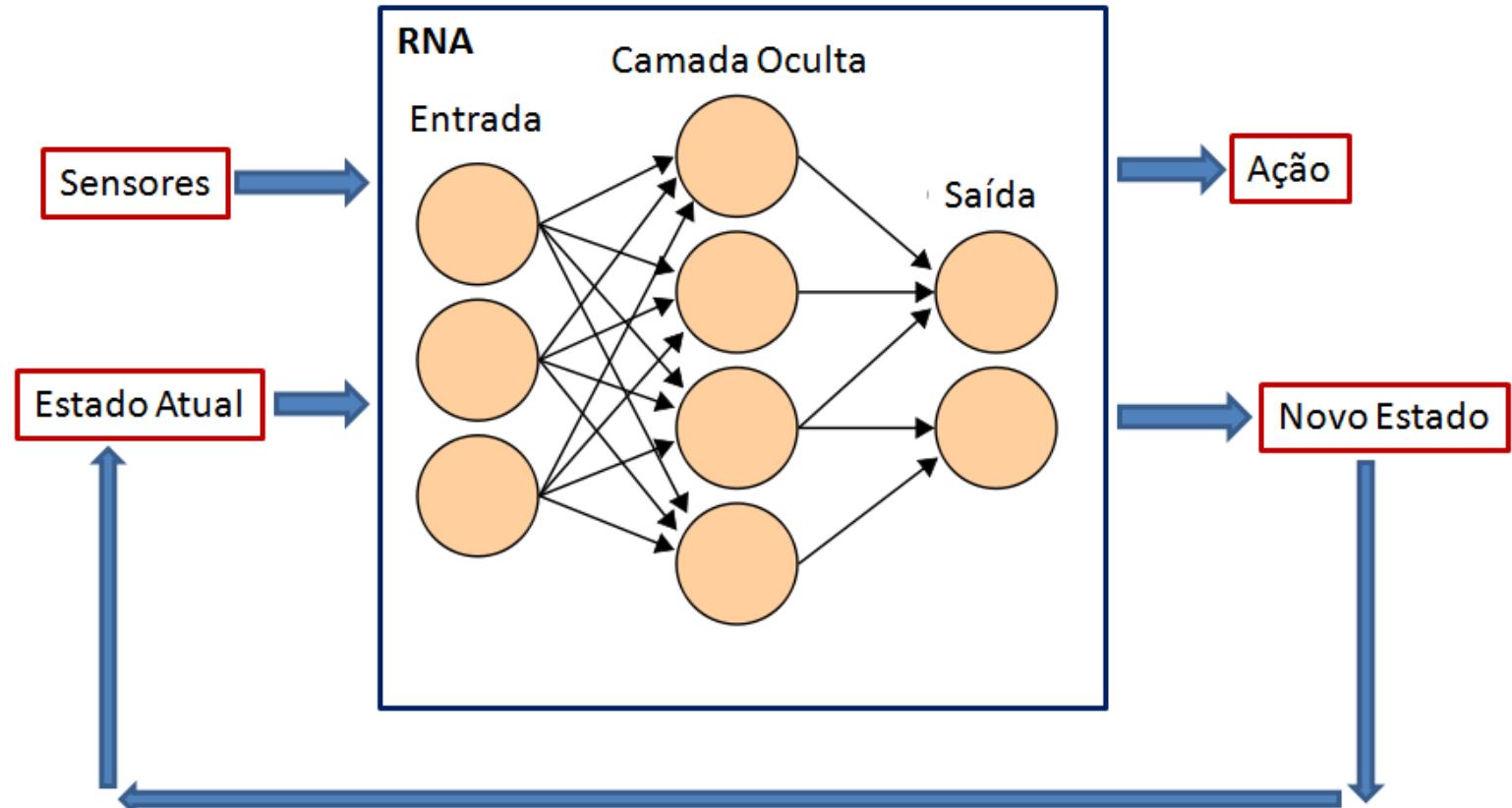
Controle:

Ações de movimento, por exemplo,  
girar para a direita e avançar



## Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

Pesquisa: RNAs que aprendem Autômatos Finitos – Daniel Sales



## INCT-SEC Indoor Navigation and Monitoring (videos)



Publications:

Visual Navigation System  
IEEE LARS 2010

CBSEC 2010  
(submetido)

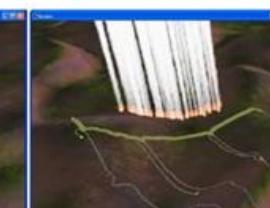
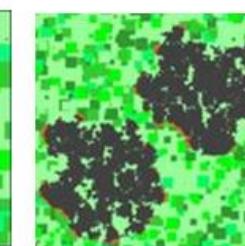
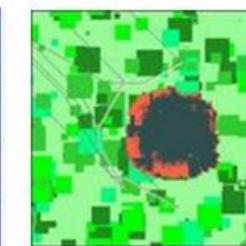
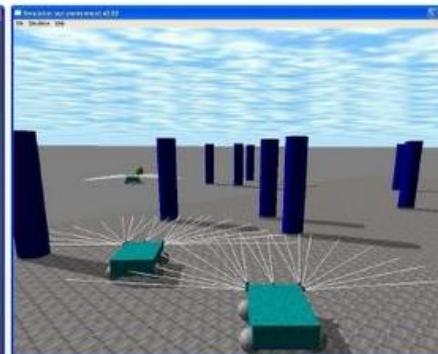
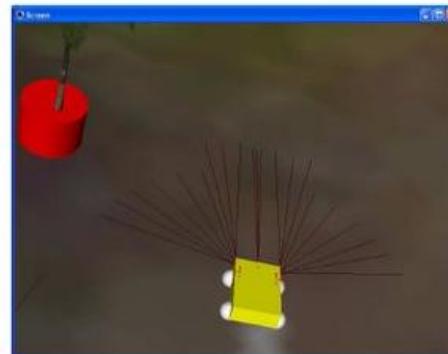
## Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

Pesquisa: Sistemas Multi-Robóticos – Gustavo Pessin

### **1. ROBOMBEIROS**

Arquiteturas Computacionais: Robombeiros

Esquadrão de Robôs de combate a incêndio em Florestas



Ambiente  
Virtual de  
Simulação



### **2. COMBOIOS**

## Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

INCT: GT2 - Desenvolvimento de Veículos Terrestres Autônomos



## Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

### INCT: GT2 - Desenvolvimento de Veículos Terrestres Autônomos

- Obstacle Detection and Alarm
- Assisted driving
- Autonomous driving



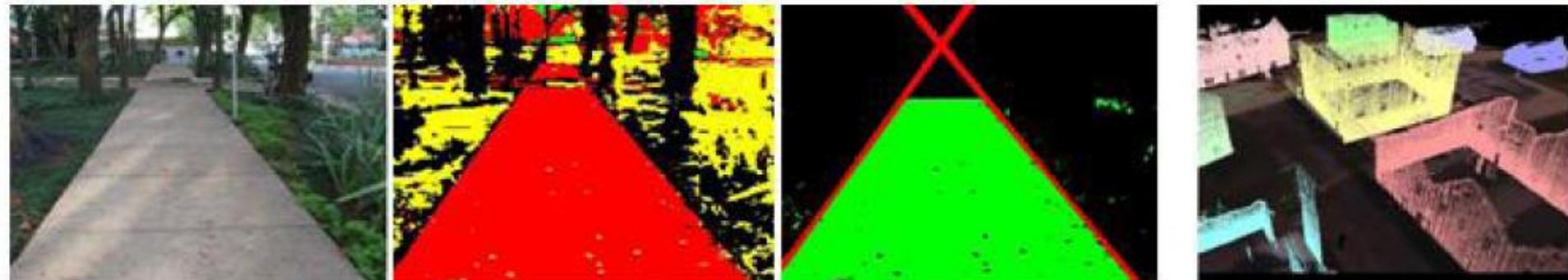
- Laser Obstacle Detection
- Avoid False Alarms
- Suggest reaction:
  - \* Speed reduction
  - \* Steering

## Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

Pesquisa:  
Controle, Navegação e  
Mapeamento com Veículos  
Leandro Fernandes



Protótipo do projeto SENA



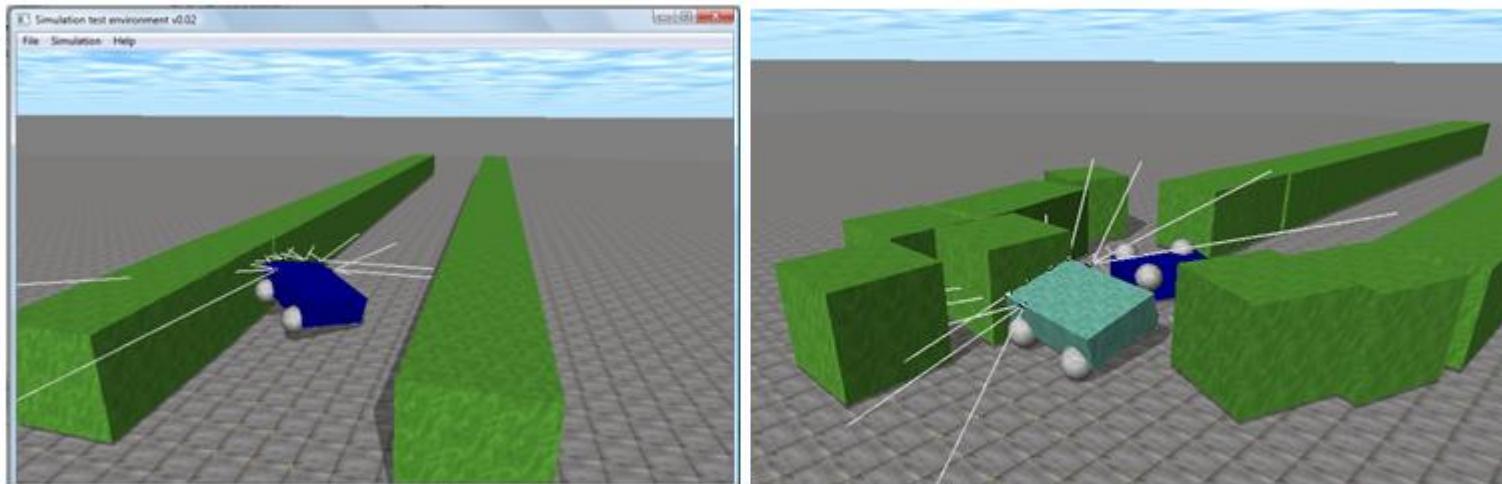
(a) Identificação de caminhos navegáveis através do processamento de imagens

(b) Mapeamento 3D

## Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

Pesquisas:

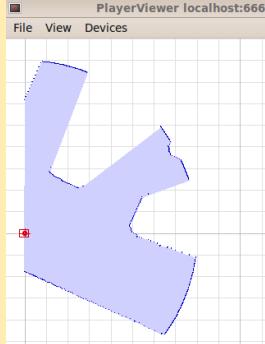
Simulação de Veículos (IC) / Visão Computacional (IC)



Simulador de robôs móveis baseados em física (ODE)

### ■ Pesquisas em Andamento:

- GT1 – Robôs Táticos para Ambientes Internos



**Tele-Operação:**

PUC-RS x USP-ICMC

Controle a distância via Internet

Mesa Tangível (UFSCar)

Percepção-Ação-Supervisão

Camera Térmica:

(a) Imagem Colorida

(b) Imagem Térmica

(c) Detecção Automática de Intrusos

### ■ Pesquisas em Andamento:

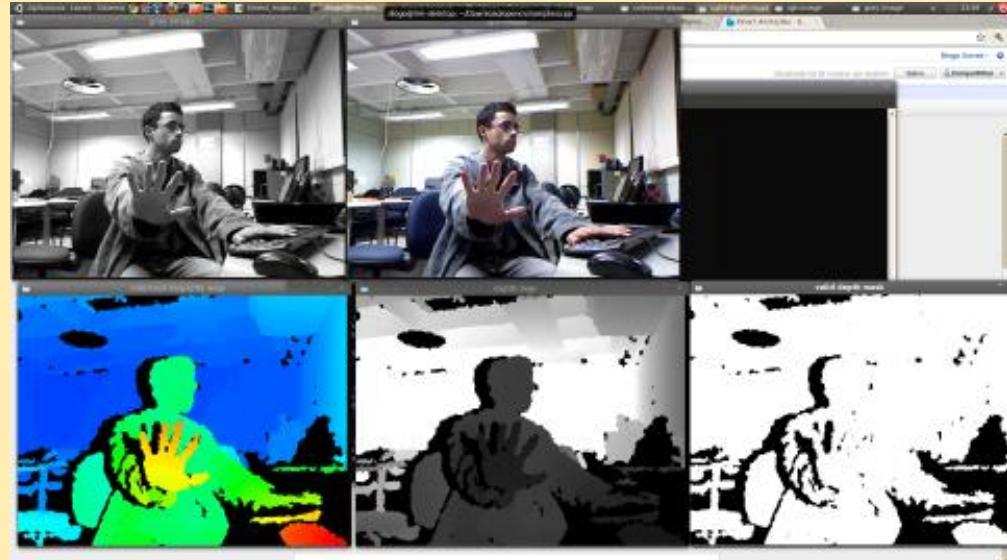
- GT1 – Robôs Táticos para Ambientes Internos



Navegação Topológica e Detecção de Intrusos: Sales, D.O.; Osório, F.S.; Wolf, D.F. Topological Autonomous Navigation for Mobile Robots in Indoor Environments using ANN and FSM. In: CBSEC – Conf. Brasileira de Sistemas Embarcados Críticos, São Carlos.2011.

### ■ Pesquisas em Andamento:

- GT1 – Robôs Táticos para Ambientes Internos



Sensor Kinect + Controle do Robô Pioneer

### ■ Pesquisas em Andamento: GT2 – Veículos Terrestres Autônomos



#### Sensors

Camera

GPS, IMU, and compass

Laser Range Finders

#### Actuators

DC Motor



Encoder



Motor Controller



Acceleration Control



**INCT-SEC**  
**Autonomous**  
**Electric Vehicle**  
**“CARINA”**

#### Specifications

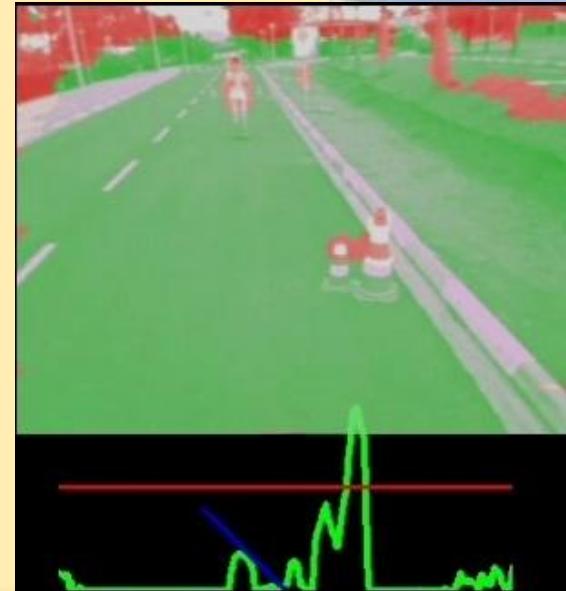
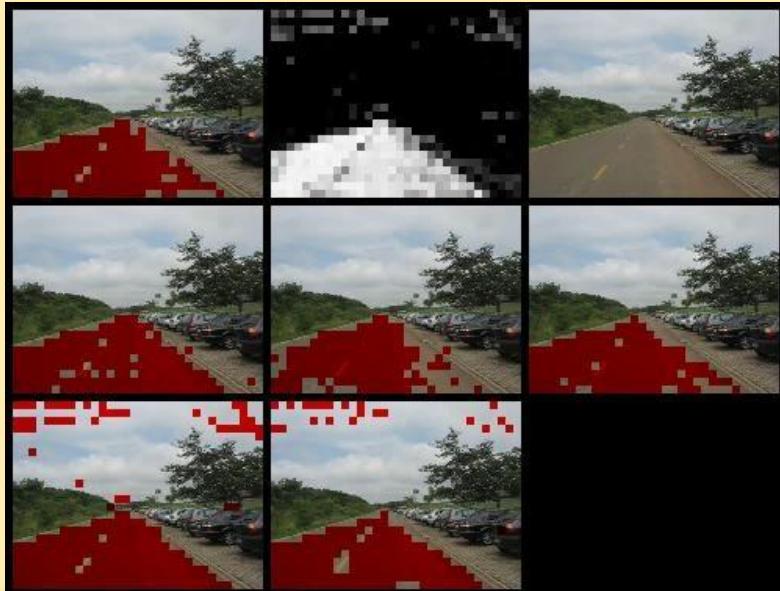
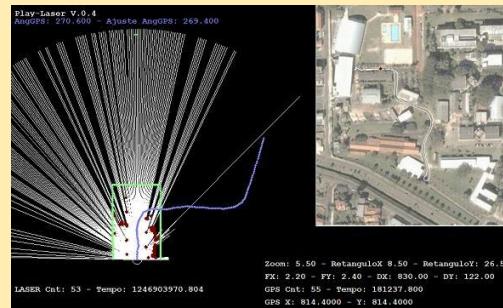
**Engine:** electric 48v

**Autonomy:** 8-10hs

**Max speed:** 32km/h

**Payload:** 363kg

### ■ Pesquisas em Andamento: GT2 – Veículos Terrestres Autônomos



## LABORATÓRIO DE ROBÓTICA MÓVEL

### LRM – Doutorandos F. Osório

- Gustavo Pessin
- Leandro Carlos Fernandes
- Maurício Acconcia Dias
- Danilo Habermann

**Denis:** Patrick Shinzato  
Jefferson Rodrigo de Souza  
Francisco de Souza Junior  
Alberto Yukinobu Hata  
Francisco de Alencar  
Caio Mendes

### LRM - Mestrando F. Osório

- Daniel Sales, Diogo Correa, Rafael Klaser, Vitor Utino
- Denis:** Diego Sciotti, Marcos Prado, André Toshio Nishitani,

## LABORATÓRIO DE ROBÓTICA MÓVEL

### LRM – Doutorandos F. Osório

- Gustavo Pessin Pessin (2009-2013) - Bolsa CAPES. [Qualificação em 2010]  
“Estratégias inteligentes para formação e atuação autônoma de grupos robóticos”  
Doutorado Sanduíche na Escócia – UK (Edimburgo) [Robôs Bombeiros]
- Leandro Carlos Fernandes (2009-2014) . [Qualificação em 2010]  
“Desenvolvimento de sistemas de navegação para robôs móveis e  
veículos inteligentes em ambientes externos “ [CaRINA I e II]
- Maurício Accocia Dias (Início: 2011 – 2º. Sem.)  
“Projeto, Implementação e Otimização de Redes Neurais Artificiais em Hardware  
para Aplicações em Veículos Autônomos “ [FPGA para Visão]
- Danilo Habermann (Início: 2012)  
“Navegação Autônoma de Veículos por meio do Processamento, Segmentação e  
Reconhecimento de Pontos de Interesse obtidos por Sensor Laser 3D (LIDAR)“  
[Velodyne / CaRINA]

## LABORATÓRIO DE ROBÓTICA MÓVEL

### LRM – Mestrando F. Osório

- Daniel Sales (2010-2012) - Bolsa FAPESP. [Navegação Topológica Indoor]  
“Projeto NeuroFSM: Aprendizado de Autômatos Finitos através do uso de Redes Neurais Artificiais aplicadas à Robôs e Veículos Móveis Autônomos”
- Diogo Correa (2011-2013) – Bolsa CNPq.  
“Geração de Mapas de Navegabilidade para Robôs Móveis Autônomos Utilizando Fusão de Sensores 2D e 3D” [Kinect + Termal: Indoor]
- Rafael Klaser (Início: 2012) – Bolsa CNPq.  
“Navegação de Veículos Autônomos em Ambientes Externos Não Estruturados Baseada em Visão Computacional” [Navegação: Visão Estéreo + GPS]
- Vitor Utino (Início: 2012) – Bolsa CNPq.  
“Fusão de informações obtidas a partir de múltiplas imagens visando à navegação autônoma de veículos inteligentes” [Visão Estéreo + RGB + Termal]

Março 2011

# Laboratório



## Laboratório de Robótica Móvel

**USP – ICMC – Grupo SEER: LCR, LRM e LSEC**

Março 2011

### ■ Bolsistas com financiamento de outras fontes

✓ Doutorado:

• **Gustavo Pessin** (2009-) - Bolsa CAPES.

*Estratégias inteligentes para formação e atuação autônoma de grupos robóticos* [Qualificado 2010].

• **Leandro Carlos Fernandes** (2009-).

*Desenvolvimento de sistemas de navegação para robôs móveis e veículos inteligentes em ambientes externos* [Qualificado 2010].

• **Jefferson de Souza** (2010-) - Bolsa FAPESP.

*Navegação Autônoma Utilizando Aprendizado Supervisionado.*

• **Patrick Shinzato** (2010-) - Bolsa FAPESP.

*Sistema de direção assistida para veículos baseado em fusão de sensores.*

Março 2011

### ■ Bolsistas com financiamento de outras fontes

✓ Mestrado:

- **Maurício Acconcia Dias** (2009-2011) - Bolsa CNPq. *Co-Projeto de Sistema Embarcado para Navegação Robótica Baseada em Visão Computacional.*
- **Daniel Sales** (2010-) - Bolsa FAPESP. *Projeto NeuroFSM: Aprendizado de Autômatos Finitos através do uso de Redes Neurais Artificiais aplicadas à Robôs e Veículos Móveis Autônomos.*
- **Caio César Teodoro Mendes** (2010-) - Bolsa FAPESP. *Navegação de Robôs Móveis utilizando Visão Estéreo.*
- **Diego Sciotti** (2011-) - Bolsa DTI/CNPq. *Planejamento de Trajetória em Tempo Real para Veículos Autônomos.*
- **Diogo Santos Ortiz Correa** (2011-) - Bolsa DTI/CNPq .*Geração de Mapas de Navegabilidade para Robôs Móveis Autônomos Utilizando Fusão de Sensores 2D e 3D.*
- **Marcos Gomes** (2011-) - Bolsa DTI/CNPq .*Estacionamento Autônomo para Veículos.*



F.Osório

## What do I believe

- Percepção: Fusão Sensorial , Sensores Especiais
- Tratamento de Dados: Uso de Aprendizado de Máquina,  
Classificadores Automáticos, Detectores de “features”
- Mapas de Alto Nível: Mapas Topológicos
- Mapas de Baixo Nível: Grades de Ocupação
- Visão Computacional
- CONTEXTO: Estado + Percepção => Ação

Explorar mecanismos de percepção mais ricos

Localização: “Fraca” (com restrições)

Controle: Híbrido (misto reativo / deliberativo)

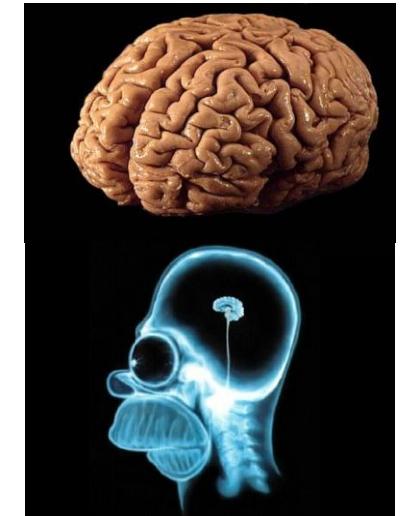
Simulação Virtual: projeto e validação dos sistemas



F.Osório

## What do I believe

- Percepção: Fusão Sensorial , Sensores Especiais
- Tratamento de Dados: Uso de Aprendizado de Máquina, Classificadores Automáticos, Detectores de “features”
- Mapas de Alto Nível: Mapas Topológicos
- Mapas de Baixo Nível: Grades de Ocupação
- Visão Computacional
- CONTEXTO: Estado + Percepção => Ação



Explorar mecanismos de percepção mais ricos

Localização: “Fraca” (com restrições)

Controle: Híbrido (misto reativo / deliberativo)

Simulação Virtual: projeto e validação dos sistemas

**LRM – Lab. de Robótica Móvel do ICMC/USP**  
**INCT-SEC – Instituto Nacional de Sistemas Embarcados Críticos**  
**CRob-SC/USP – Centro de Robótica de São Carlos**



A screenshot of a YouTube channel page. The channel name is "INCT-SEC: Autonomous Vehicles (Ground, Aerial, Aquatic)". It has 20 videos and 194 views. The thumbnail for the first video shows the INCT-SEC logo on a grid background. The video player shows the first frame of the video with the INCT-SEC logo. The YouTube interface includes standard controls like play, volume, and share buttons.

**SITE:**

**LRM** - <http://www.lrm.icmc.usp.br/>

**INCT-SEC** - <http://www.inct-sec.org.br/>

**Canal YouTube LRM**  
<http://www.youtube.com/lrmicmc>

**Projeto CaRINA**  
<http://www.lrm.icmc.usp.br/carina/>

**Vídeo INCT-SEC**  
<http://www.youtube.com/watch?v=G3CuUsxZxO8>

## INFORMAÇÕES SOBRE A DISCIPLINA

**USP - Universidade de São Paulo - São Carlos, SP**

**ICMC - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação**

**SSC - Departamento de Sistemas de Computação**

**Prof. DENIS Wolf & Fernando Santos OSÓRIO**

**Web institucional:** [Http://www.icmc.usp.br/ssc/](http://www.icmc.usp.br/ssc/)

**Página do LRM:** [Http://lrm.icmc.usp.br/](http://lrm.icmc.usp.br/)

**E-mail:** denis [at] icmc. usp. br ou fosorio [at] icmc. usp. br

**Disciplina de Robôs Móveis Autônomos**

**Web Disciplinas:** <http://wiki.icmc.usp.br/index.php/SSC-5887>

**Web Wiki:** [Http://wiki.icmc.usp.br/](http://wiki.icmc.usp.br/)

**> Programa, Material de Aulas, Critérios de Avaliação,**

**> Material de Apoio, Trabalhos Práticos**