



LRM
Laboratório de Robótica Móvel




Simulação Virtual de Carros em Jogos e Aplicações de Inteligência Artificial

<p><i>Denis Fernando Wolf</i></p> <p><i>Eduardo do Valle Simões</i></p> <p><i>Fernando Santos Osório</i></p> <p><i>Gustavo Pessin</i></p> <p><i>Kalinka R.L.J. Castelo Branco</i></p>	<p>USP - Universidade de São Paulo - ICMC</p> <p>LRM – Laboratório de Robótica Móvel</p> <p>INCT – SEC: Sistemas Embarcados Críticos</p> <p>SENA – Sistema Embarcado de Navegação Autônoma</p> <p>FOG – The Fellowship Of the Game</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------




12ª SEMANA DA COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS

Agenda

Simulação Virtual de Carros: Jogos e I.A.
Web: <http://www.icmc.usp.br/~fosorio/>


- **Introdução: Jogos de Corrida**
 Histórico, Evolução, Conceitos
- **Realismo em Jogos de Corrida**
 Realismo Gráfico, Realismo Físico, Realismo Comportamental
- **Veículos Virtuais - Simulação / Trajetória**
 2D, 3D: Modelo Pontual de Partícula, Modelo Ackerman
- **Simulação Física**
 Simulação Física de Corpos Rígidos Articulados (ODE)
- **Agentes Autônomos: Controle, Comportamento e I.A.**
- **Desafios: Jogos de Corrida e I.A.**

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
2 Agenda



LRM
Laboratório de Robótica Móvel

12ª SEMANA DA COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS

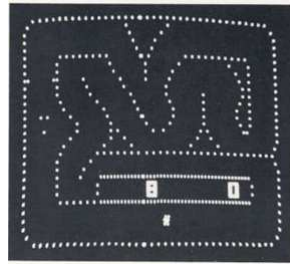


Introdução: Jogos de Corrida

Jogos de Corrida: Histórico, Evolução, Conceitos

• Grand Track 10 – Atari 1974

KLOV – Killer List of Video Games | http://www.klov.com/game_detail.php?game_id=7992 |



SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
3 Introdução: Jogos

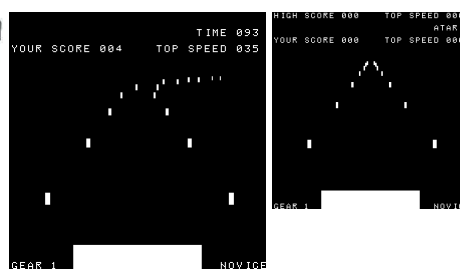


Introdução: Jogos de Corrida

Jogos de Corrida: Histórico, Evolução, Conceitos

• Night Driver– Atari 1976

KLOV – Killer List of Video Games | http://www.klov.com/game_detail.php?game_id=8866 |



MosTek 6502CPU
http://en.wikipedia.org/wiki/Night_Driver
<http://www.atariguide.com/1/138.htm>



SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
4 Introdução: Jogos

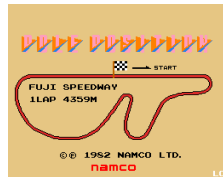


Introdução: Jogos de Corrida

Jogos de Corrida: Histórico, Evolução, Conceitos

• Pole Position – Atari/Namco 1982

KLOV – Killer List of Video Games [http://www.klov.com/game_detail.php?game_id=9063]



Zilog Z80 CPU
http://en.wikipedia.org/wiki/Pole_Position

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
5 Introdução: Jogos

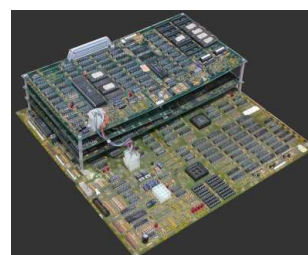


Introdução: Jogos de Corrida

Jogos de Corrida: Histórico, Evolução, Conceitos

• Hard Drivin – Atari 1989

KLOV – Killer List of Video Games [http://www.klov.com/game_detail.php?game_id=8072]



1st. 3D RACING GAME!
Motorola 68010 CPU + Custom HW
<http://www.system16.com/hardware.php?id=770>
Arcade, Amiga, Commodore64, Atari St
http://en.wikipedia.org/wiki/Hard_Drivin

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
6 Introdução: Jogos



Introdução: Jogos de Corrida

Jogos de Corrida: Histórico, Evolução, Conceitos

- Hard Drivin – Atari 1989



KLOV – Killer List of Video Games [http://www.klov.com/game_detail.php?game_id= 8072]



SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
7 Introdução: Jogos



Introdução: Jogos de Corrida

Jogos de Corrida: Evolução => Imagem!

- Computação Gráfica... Realismo (Fotográfico) 3D!



<http://cg.tutsplus.com/articles/web-roundups/50-breathtaking-cg-images/>

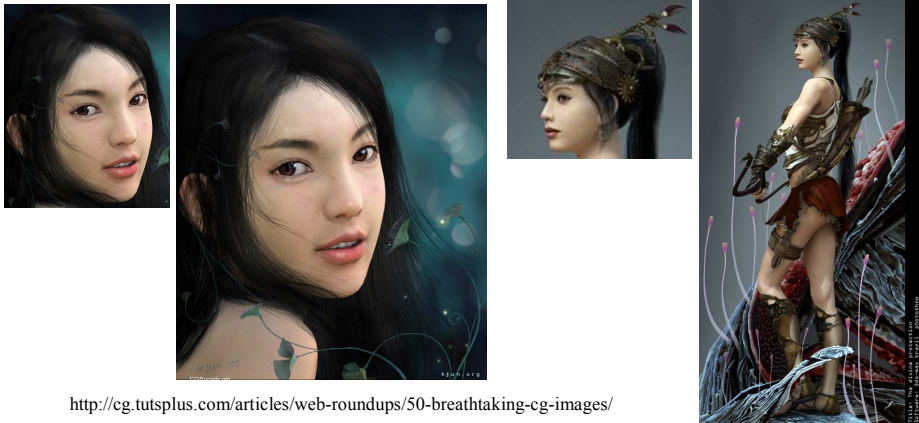
SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
8 Introdução: Jogos



Introdução: Jogos de Corrida

Jogos de Corrida: Evolução => Imagem!

• **Computação Gráfica... Realismo (Fotográfico) 3D!**



<http://cg.tutsplus.com/articles/web-roundups/50-breathtaking-cg-images/>

SemComp 12 - MiniCurso Simulação Virtual de Carros # 9 Introdução: Jogos

USP ICMC LRM Laboratório de Robótica Móvel

13ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO 19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009 INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS

SEMCOMP

Introdução: Jogos de Corrida

Jogos de Corrida: Realismo 3D

NFS: Need for Speed SHIFT

Source: Revista Arkade Edição Número 03 <http://www.arkade.com.br>

REVIEW NEED FOR SPEED SHIFT

PSS, X360, PC

A série Need For Speed passou alguns anos focada nos rachas, na tunagem e na coleção de carros. Mas, após o frustrante NFS Undercover, a EA resolveu dar uma gançada de 180°. Entregou a franquia na mão da empresa britânica Mad Slightly Studios, apertou o botão Reset e encerrou com a brincadeira de "pôlicia e ladrão". O resultado é o excelente Need For Speed Shift, disponível para Xbox 360, PlayStation 3, PSP e PC.

Partindo do zero, a Mad Slightly, que curiosamente esteve presente no desenvolvimento de um dos concorrentes de NFS, a dupla GTB e GTB 2, resolveu levar a série o mais perto possível da realidade, deixando os gráficos e a física do jogo extremamente realistas. No novo modo de câmera - de dentro do cockpit do carro - a câmera está sujeita a todos os movimen-

NOVO JOGO, VIDA NOVA
EA MUDA O FOCO E TRAZ UM NFS MUITO MAIS REAL QUE SEUS ANTECESSORES

arkade

Página 44-45

Conteúdo

SemComp 12 - MiniCurso Simulação Virtual de Carros # 10 Introdução: Jogos

USP ICMC LRM Laboratório de Robótica Móvel

13ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO 19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009 INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS

SEMCOMP

Introdução: Jogos de Corrida

Jogos de Corrida: Realismo 3D

NFS:
Need for Speed
SHIFT



Source:
Revista Arkade
Edição Número 03
<http://www.arkade.com.br>

REVIEW **NEED FOR SPEED SHIFT**
PS3, X360, PC

A série Need For Speed passou alguns anos focada nos rachas, na tunagem e na coleção de carros. Mas, após o frustrante NFS Undercover, a EA resolveu dar uma guinada de 180°. Entregou a franquia na mão da empresa britânica Mad Slightly Studios, apertou o botão Reset e encerrou com a brincadeira de "polícia e ladrão". O resultado é o excelente Need For Speed Shift, disponível para Xbox 360, PlayStation 3, PSP e PC.

Partindo do zero, a Mad Slightly, que curiosamente esteve presente no desenvolvimento de um dos concorrentes de NFS, a dupla GTR e GTR 2, resolveu levar a série o mais perto possível da realidade, deixando os gráficos e a física do jogo extremamente realistas. No novo modo de câmera - de dentro do cockpit do carro - a câmera está sujeita a todos os movimen-

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
11 Introdução: Jogos



123 SEMANA DA COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Introdução: Jogos de Corrida

Jogos de Corrida: Realismo 3D

Project Gotham Racing 4
<http://www.bizarrecreations.com/games/pgr4/>

Project
Gotham
Racing 4



SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
12 Introdução: Jogos



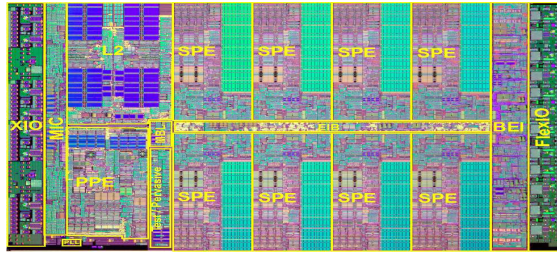
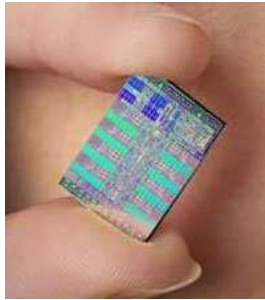
123 SEMANA DA COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Realismo em Jogos

Realismo Gráfico

• Computação Gráfica... Multi-Core, GPU



Cell Processor:
256 GFLOPS (billions of floating pointer operations per second)

Sony PS3 CPU:

Cell Processor + NVIDIA/SCEI RSX 'Reality Synthesizer'

3.2 GHz - 1 Power Processing Element (PPE) + 6/7/8 Synergistic Processing Elements (SPEs)

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
13 Realismo em Jogos



13. SEMINÁRIO DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Realismo em Jogos

Realismo Gráfico: PlayStation 2 versus PlayStation 3

	Sony Emotion Engine	Cell Processor
CPU Core ISA	MIP64	64-bit Power Architecture
Core Issue Rate	Dual	Dual
Core Frequency	300MHz	~4GHz (est.)
Core Pipeline	6 stages	21 stages
Core L1 Cache	16KB I-Cache + 8KB D-Cache	32KB I-Cache + 32KB D-Cache
Core Additional Memory	16KB scratch	512KB L2
Vector Units	2	8
Vector Registers (#, width)	32, 128-bit + 16, 16-bit	128, 128-bit
Vector Local Memory	4K/16KB I-Cache + 4K/16KB D-Cache	256KB unified
Memory Bandwidth	3.2GB/s peak	25.6GB/s peak (est.)
Total Chip Peak FLOPS	6.2GFLOPS	256GFLOPS
Transistor Count	10.5 million	235 million
Power	15W @ 1.8V	~80W (est.)
Die Size	240mm ²	235mm ²
Process	250nm, 4LM	90nm, 8LM + LI

Krewell, Kelvin. Cell moves into the limelight (Microprocessor Report: Feb 14, 2005)

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
14 Realismo em Jogos



13. SEMINÁRIO DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Realismo em Jogos

Realismo Gráfico: GPUs

<http://www.gpureview.com/>

nVidia GeForce GTX 295

ATi Radeon X1950 Pro PCI-E

At A Glance	
Manufacturer:	nVidia
Series:	GeForce GTX 200
GPU:	GT200b x 2
Release Date:	2009-01-08
Interface:	PCI-E 2.0 x16
Core Clock:	576 MHz
Shader Clock:	1242 MHz
Memory Clock:	999 MHz (1998 DDR)
Memory Bandwidth:	223.776 GB/sec
FLOPS:	1788.48 GFLOPS
Pixel Fill Rate:	32256 MPixels/sec
Texture Fill Rate:	92160 MTexels/sec

At A Glance	
Manufacturer:	ATI
Series:	Radeon X1K
GPU:	RV570
Release Date:	2006-10-17
Interface:	PCI-E x16
Core Clock:	575 MHz
Memory Clock:	690 MHz (1380 DDR)
Memory Bandwidth:	44.16 GB/sec
Shader Operations:	20700 MOperations/sec
Pixel Fill Rate:	6900 MPixels/sec
Texture Fill Rate:	6900 MTexels/sec
Vertex Operations:	1150 MVertices/sec



SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
15 Realismo em Jogos

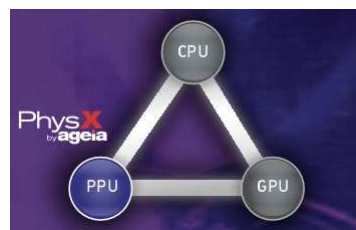


IBR SEMCOMP 12 COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Realismo em Jogos

Realismo Físico: CPUs + PPUs



PPU: Physics Processing Unit (PhysX)
Tecnologia criada pela AGEIA e
posteriormente adquirida pela Nvidia



SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
16 Realismo em Jogos



IBR SEMCOMP 12 COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Realismo em Jogos

Realismo Físico: CPUs + PPUs



Simulação de Corpos Rígidos
Cinemática e Dinâmica (colisões)
Simulação de Partículas (e.g. fogo)
Simulação de Corpos Deformáveis
e de Flúidos (e.g. tecidos, água)

Exemplo:
http://www.youtube.com/watch?v=g_11T0jficE

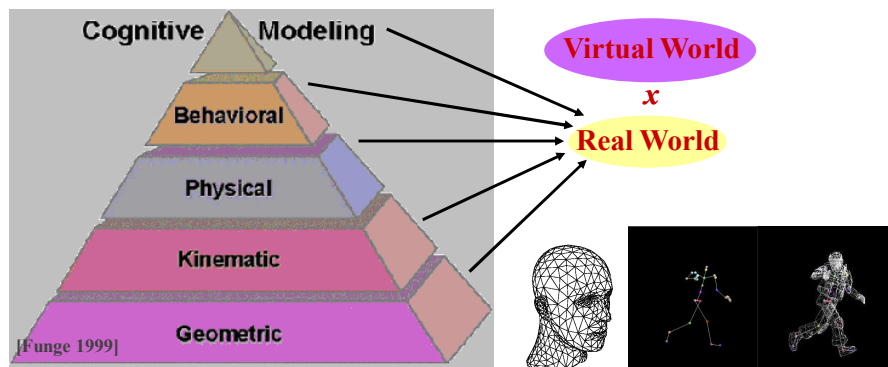


SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
17 Realismo em Jogos



Realismo em Jogos

Realismo Comportamental: Agentes Inteligentes, NPCs



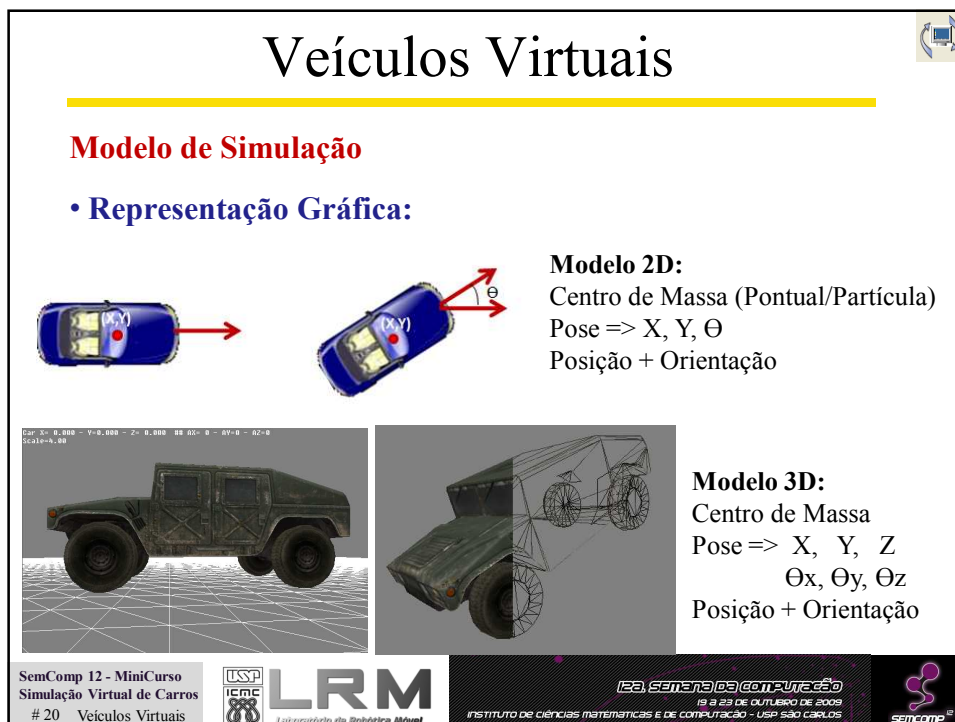
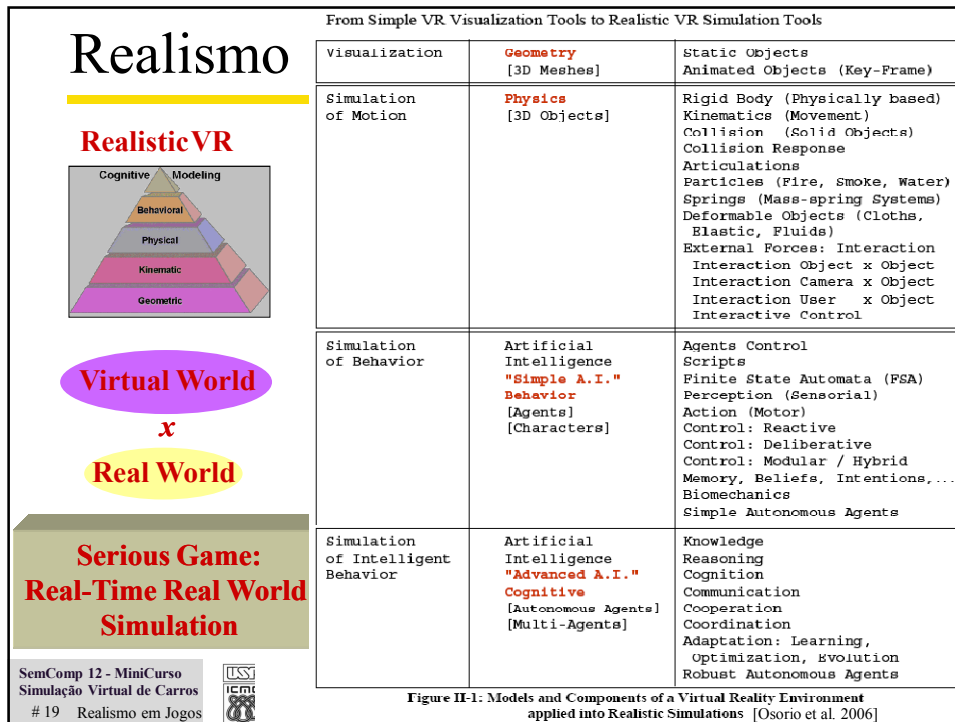
Increasing Reality in VR Applications:
Physical and Behavioral Simulation

<http://osorio.wait4.org/oldsite/palestras/vr-pbsim.html>



SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
18 Realismo em Jogos





Veículos Virtuais

Modelo de Simulação – Modelo Pontual 2D

- Tipo de Jogos: *Side-scrolling video games* ou *Platform games*



<http://www.nitrome.com/games/tankedup/>



<http://limao.miniclip.com/games/rural-racer/br/>



SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
21 Veículos Virtuais



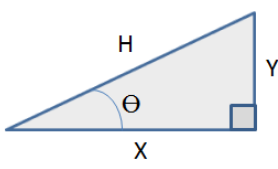




Veículos Virtuais

Modelo de Simulação – Modelo Pontual 2D

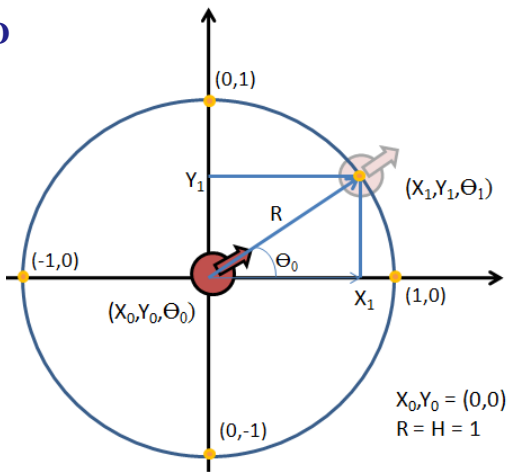
- Cinemática: Partículas 2D



H = Hipotenusa
X, Y = Catetos


Teorema de Pitágoras
 $X^2 + Y^2 = H^2$
ou $H = \sqrt{X^2 + Y^2}$


Fórmulas Trigonômétricas
X = H . Cosseno (Θ)
Y = H . Seno (Θ)




$X_0, Y_0 = (0,0)$
 $R = H = 1$

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
22 Veículos Virtuais







Veículos Virtuais

Modelo de Simulação – Modelo Pontual 2D

• Cinemática: Partículas 2D

Trajetória: Composição de Translação + Rotação

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
23 Veículos Virtuais

123 SEMANA DE COMPUTAÇÃO
18 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS

H = Hipotenusa Teorema de Pitágoras
X, Y = Catetos $X^2 + Y^2 = H^2$
ou $H = \sqrt{X^2 + Y^2}$

Fórmulas Trigonométricas
X = H · Coseno (Θ)
Y = H · Seno (Θ)

$$X_1 = X_0 + \text{Raio} * \text{Cos}(\Theta)$$

$$Y_1 = Y_0 + \text{Raio} * \text{Sin}(\Theta)$$

Veículos Virtuais

Modelo de Simulação – Modelo Pontual 2D

• Cinemática: Partículas 2D

Trajetória: Composição de Translação + Rotação

* Opcional: Física (Dinâmica)
Velocidade, Aceleração, Desaceleração, Derrapagem

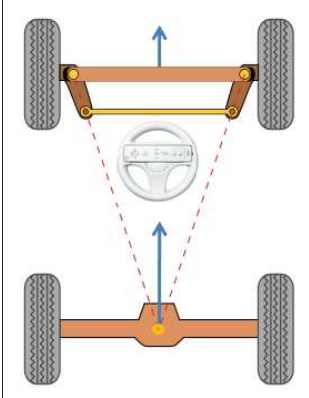
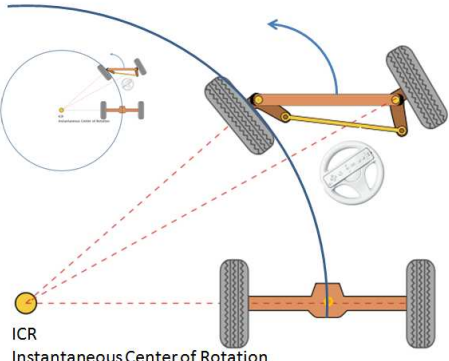
SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
24 Veículos Virtuais

123 SEMANA DE COMPUTAÇÃO
18 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS


Veículos Virtuais

Modelo de Simulação – Modelo Ackerman 2D

- **Cinemática: Ackerman 2D** Trajetória: *Steering + Speed*





SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
25 Veículos Virtuais



LRM
Laboratório de Robótica Móvel

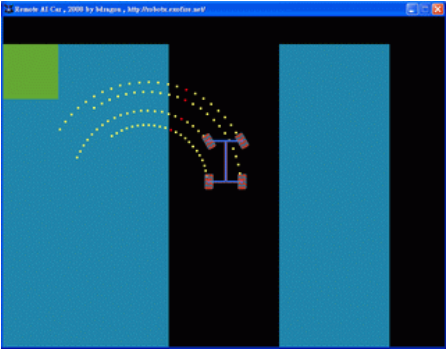
12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
18 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS




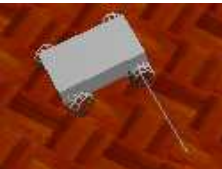
Veículos Virtuais

Modelo de Simulação – Modelo Ackerman 2D

- **Cinemática: Ackerman 2D**




Demo: RC Racing Car
<http://sites.google.com/site/xrobot17/project-1/ai-car>


Demo: SimRob 3D
[Heinen 2002a]

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
26 Veículos Virtuais



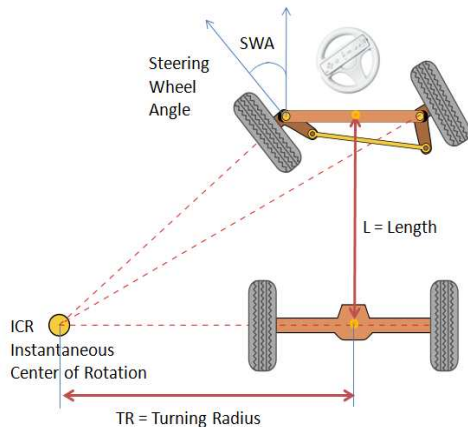
LRM
Laboratório de Robótica Móvel

12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
18 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Veículos Virtuais

Modelo de Simulação – Modelo Ackerman 2D



ICR: *Instantaneous Center of Rotation*
Ponto central (virtual) de rotação

TR: *Turning Radius*
Raio de rotação (distância Eixo-ICR)

SWA: *Steering Wheel Angle*
Ângulo de giro da direção

L: *Length*
Comprimento do eixo longitudinal do veículo

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
27 Veículos Virtuais

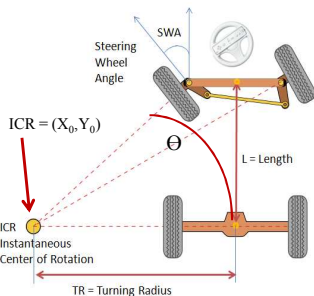
USP
ICMC
LRM
Laboratório de Robótica Móvel

12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
18 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Veículos Virtuais

Modelo de Simulação – Modelo Ackerman 2D



ICR: *Instantaneous Center of Rotation*
Ponto central (virtual) de rotação

TR: *Turning Radius*
Raio de rotação (distância Eixo-ICR)

SWA: *Steering Wheel Angle* - Ângulo de giro da direção

L: *Length* - Comprimento do eixo longitudinal do veículo

Se $SWA < > 0$

Então $TR = L / \tan(SWA)$

Senão TR é infinito. Se SWA for 0 (zero)
o carro deve se deslocar em linha reta

[Usar o modelo pontual 2D, considerando o
centro do eixo traseiro como referência]

Obs.: SWA assume um intervalo angular
limitado.

Xcet = Coordenada X do centro do eixo traseiro

Ycet = Coordenada Y do centro do eixo traseiro

X₀: Se $SWA > 0$ [Giro para a esquerda]

Então $X_0 = \text{Desloca_Eixo}(X_{cet}, TR, \text{Esquerda})$

Se $SWA < 0$ [Giro para a direita]

Então $X_0 = \text{Desloca_Eixo}(X_{cet}, TR, \text{Direita})$

Y₀: Repete os passos de X₀ usando Y₀ e Ycet.

θ = Ângulo de giro do veículo relativo ao
ponto de referência ICR (deslocamento).

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
28 Veículos Virtuais

USP
ICMC
LRM
Laboratório de Robótica Móvel

12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
18 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS

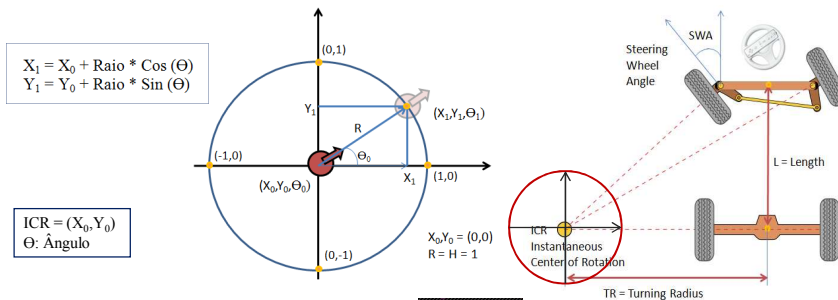


Veículos Virtuais

Modelo de Simulação – Modelo Pontual 2D

Modelo de Simulação – Modelo Ackerman 2D

- Os modelos 2D assumem que o veículo está se deslocando no plano 2D independentemente de sua representação gráfica ser 2D ou 3D
- Consideramos a pista totalmente plana (grande qtde. de jogos são assim)



SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
29 Veículos Virtuais



IBR SEMCOMP 12 (COMPUTAÇÃO)
18 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Veículos Virtuais

Modelo de Simulação – Modelo Pontual 3D

- Os modelos 3D assumem que o veículo está se deslocando em um TERRENO IRREGULAR e portanto possui uma POSE 3D



Insane from CodeMasters

Modelo 3D: Posição + Orientação

Pose X, Y, Z + $\Theta_x, \Theta_y, \Theta_z$



Robomberos [Pessin 2008]

<http://http://pessin.googlepages.com/>

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
30 Veículos Virtuais



IBR SEMCOMP 12 (COMPUTAÇÃO)
18 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Veículos Virtuais

Modelo de Simulação – Modelo Pontual 3D

- Os modelos 3D assumem que o veículo está se deslocando em um **TERRENO IRREGULAR** e portanto possui uma **POSE 3D**



Modelo 3D: Posição + Orientação
Pose X, Y, Z + $\Theta_x, \Theta_y, \Theta_z$

Deslocamento tipo “nave”:
 Relativos a posição e orientações atuais

Rotação:
 Θ_x (Pitch) [Tilt]
 Θ_y (Yaw) [Pan]
 Θ_z (Roll)

Veículos Virtuais

Modelo de Simulação – Modelo 3D

Simulação Virtual Realística: Gráfica + Física + Comportamental

- Modelos 3D da pista: **TERRENO IRREGULAR**
 - Modelos 3D dos carros: **POSE 3D**
 - Modelos Físicos:
 - Cinemática de Veículos Reais (Ackerman)
 - Dinâmica de Corpos Rígidos Articulados
 - > Aceleração: Modelo de Troca de Marchas (Forças e Torques)
 - > Desaceleração: Frenagem, Desaceleração (Atrito)
 - > Inércia, Derrapagem, Gravidade (Saltos)
 - > Acidentes: Colisões + Reação as Colisões
- Quedas, Rolamentos, Choques contra Obstáculos Fixos, etc**

Simulação Física

Simulação Física de Corpos Rígidos Articulados

Simulação Virtual Realística: **Gráfica + Física** + Comportamental

- Modelos 3D da pista: TERRENO IRREGULAR
- Modelos 3D dos carros: POSE 3D
- Modelos Físicos:

Tempo Real

- Cinemática de Veículos Reais (Ackerman)
- Dinâmica de Corpos Rígidos Articulados

Engines Físicas: [Physics_Engine 2009]

Havok [Havok 2009], Chipmunk 2D [Chip-munk 2009]
OpenSteer [OpenSteer 2009], Newton Game Dynamics [Newton 2009]
Tokamak [Tokamak 2009], PhysX [PhysX 2009] e ODE [ODE 2009]

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
33 Simulação Física



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
18 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Simulação Física

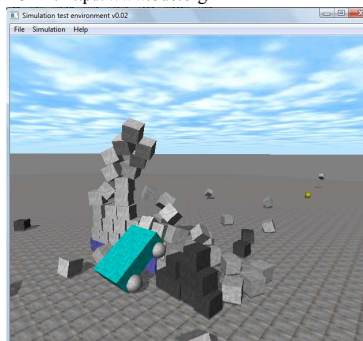
Simulação Virtual Realística: Gráfica + Física em Tempo Real

ODE - *Open Dynamics Engine*

ODE - Simulação Física de Corpos Rígidos Articulados

- Modelos 3D de Terrenos
- Modelos Físicos com bom Realismo:
 - Cinemática de Veículos Reais (Ackerman)
 - Dinâmica de Corpos Rígidos Articulados

ODE: <http://www.ode.org/>



Engines Física ODE:

Engine Free de Código Livre e Aberto
Biblioteca de Funções (.lib, .dll) compatível
com ambiente Linux e Windows (C/C++)
Possibilidade de integração com outras ferramentas

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
34 Simulação Física



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
18 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Simulação Física

Simulação Virtual Realística: Gráfica + Física em Tempo Real

ODE - Open Dynamics Engine

Como fazer...

- 1) Criar 2 mundos duplicados, um mundo de objetos do ambiente virtual 3D e um mundo de objetos do ambiente da ODE (simulação física ODE);
- 2) Cada objeto do mundo virtual (VR) deve ser posicionado e orientado de acordo com o objeto correspondente do mundo físico (ODE);
- 3) Executa-se o laço de simulação da seguinte forma:
 - a) Aplica forças sobre os objetos no espaço de objetos da ODE;
 - b) A ODE irá integrar todos os dados numéricos e gerar novas posições e orientações de cada objeto como resultado da simulação física;
 - c) Usando as informações atualizadas de posição e orientação de cada objeto no mundo físico (ODE), atualiza-se as informações de posição e orientação dos objetos do mundo virtual (VR).

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
35 Simulação Física



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Simulação Física

Simulação Virtual Realística: Gráfica + Física em Tempo Real

ODE - Open Dynamics Engine

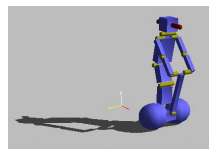
Simulação...

Os corpos rígidos possuem propriedades: primitivas + juntas + motores

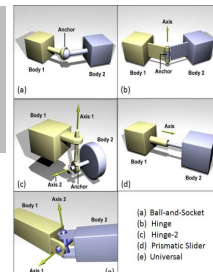
- Vetor de posição que corresponde ao centro de massa do corpo;
- Velocidade linear;
- Orientação espacial do corpo;
- Vetor de velocidade angular;

Constantes consideradas nas simulações:

- Força da gravidade;
- Massa do corpo;
- Posição do centro de massa (relativa ao corpo);
- Matriz inercial (distribuição da massa ao redor do corpo);



Nate W. - Juice



SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
36 Simulação Física



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

Simulação: Gráfica + Física + Comportamento Autônomo

Agentes Autônomos Inteligentes
 NPCs – Non Player Characteres

I.A.
 Inteligência Artificial

Jogos de Corrida: Pilotos Virtuais - NPCs / Agentes Autônomos



Need for Speed – Most Wanted

SemComp 12 - MiniCurso
 Simulação Virtual de Carros
 # 37 Agentes Autônomos



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
 19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

Agentes Autônomos Inteligentes: What? Why? How?

Comportamento Inteligente em Competições

- ⇒ Jogos e Entretenimento Digital
- ⇒ Inteligência Artificial
- ⇒ Robótica Móvel
- ⇒ Simulação Virtual



Darpa Grand Challenge



Scientific American, Jan. 2007

SemComp 12 - MiniCurso
 Simulação Virtual de Carros
 # 38 Agentes Autônomos



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
 19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

Agentes Autônomos Inteligentes: *What? Why? How?*

Comportamento Inteligente em Competições

- ⇒ Jogos e Entretenimento Digital
- ⇒ Inteligência Artificial
- ⇒ Robótica Móvel
- ⇒ Simulação Virtual

WHO?
 Agentes Inteligentes
 em
 Jogos de Corrida
 e
 Veículos Autônomos



Darpa Grand Challenge

S. Thrun from Stanford "Stanley Robot Car Team"
 Winning The DARPA Grand Challenge
<http://www.youtube.com/watch?v=TDqzyd7fDRc>

SemComp 12 - MiniCurso
 Simulação Virtual de Carros
 # 39 Agentes Autônomos



13ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
 18 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

STANFORD UNIVERSITY
News

Home
By Topic
For Journalists
For Faculty & Staff
About Us

Stanford Report, October 11, 2005

Stanford team's win in robot car race nets \$2 million prize

BY DAVID ORENSTEIN

In a race that began and ended in a casino parking lot and traversed 132 miles of desert southwest of Las Vegas on Oct. 3, the Stanford Racing Team's autonomous robotic car, Stanley, won big. The artificially intelligent car traversed the off-road course in a little less than seven hours, yielding both a \$2 million payout and a lofty place in the history of robotics and technology.

"The impossible has been achieved," said team leader Sebastian Thrun, an associate professor of computer science and director of the Stanford Artificial Intelligence Laboratory. Simply by finishing the course, Stanley and four other cars showed that machines can be made to drive safely and speedily over rugged terrain without any human help.

Stanley earned the prize and the glory in a contest sponsored by the Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) because the modified Volkswagen Touareg completed the rugged, off-road course with the quickest time, 6:53:58. Only four other cars of the 23 in contention managed to finish. Two cars from Carnegie Mellon University followed Stanley with times of 7:04:50 and 7:14:00. In a poignant victory, a team hailing from Metairie, La., finished in 7:30:16. Some team members had lost their homes to Hurricane Katrina and the entire team lost precious practice time because of the storm.

printable version

Why?

Stanley crosses the finish line in Primm, Nev., winning the 2005 DARPA Grand Challenge.

RELATED INFORMATION

- Stanley drives down victory lane
- Stanford Racing Team
- DARPA Grand Challenge
- Move over, Herbie [Stanford Report, May 18, 2005]
- Racing Team's enhanced Touareg makes it to semifinals of robotic car race [Stanford Report, July 13, 2005]

RECENT HEADLINES

New program will limit parking in College Terrace neighborhood

2010: A year of unprecedented construction

Stanford researcher fits pieces in human evolutionary puzzle

Memorial service set for 'pragmatic Platonist' Julius Moravcsik

Stanford, Ugandan students bridge cultural divide through show

MORE HEADLINES >

POPULAR STORIES

SemComp 12 - MiniCurso
 Simulação Virtual de Carros
 # 40 Agentes Autônomos



13ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
 18 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

Agentes Autônomos Inteligentes: *How?*



Agentes Autônomos

- Capacidade para perceber o ambiente
SENSORES
- Capacidade para planejar e decidir suas ações
RACIOCÍNIO
- Capacidade para agir e se locomover
ATUADORES

Agentes Inteligentes

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
41 Agentes Autônomos



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

Agentes Autônomos Inteligentes:

No mundo dos jogos...



Autônomo?



Oponentes em jogos: posição, orientação, velocidade, obstáculos, ...
TUDO é conhecido! Podemos saber a posição precisa de cada elemento!

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
42 Agentes Autônomos



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

Agentes Autônomos Inteligentes:

No mundo REAL...



Autônomo!



Pessoas dirigindo: posição, orientação, velocidade, obstáculos, ... **Percebidos!**
TUDO é estimado! Não sabemos a posição precisa de cada elemento!

SemComp 12 - MiniCurso
 Simulação Virtual de Carros
 # 43 Agentes Autônomos



123 SEMTEC 03 @ COMPUTAÇÃO
 19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

Agentes Autônomos Inteligentes:

No mundo REAL... Percepção em Veículos Autônomos!



(a) GPS Garmin



(b) Laser Sick LMS



(c) Câmera de Vídeo



(d) Unidade Inercial
 IMU - MicroStrain



SemComp 12 - MiniCurso
 Simulação Virtual de Carros
 # 44 Agentes Autônomos



123 SEMTEC 03 @ COMPUTAÇÃO
 19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

Agentes Autônomos Inteligentes:
No mundo REAL...
Percepção em Veículos Autônomos!





Zoom: 13



SemComp 12 - MiniCurso
 Simulação Virtual de Carros
 # 45 Agentes Autônomos



LRM

Laboratório de Robótica Móvel

12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
 19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

Veículos Autônomos: Reconstrução de Terrenos
 Classificação do Terreno: Navegável / Não Navegável





SemComp 12 - MiniCurso
 Simulação Virtual de Carros
 # 46 Aplicações



LRM




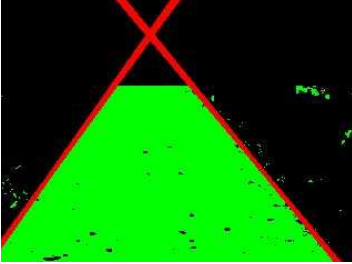
Laboratório de Robótica Móvel

12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
 19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS




Agentes Autônomos

Classificação do Terreno: Navegável / Não Navegável


SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
47 Aplicações



LRM

Laboratório de Robótica Móvel

12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS

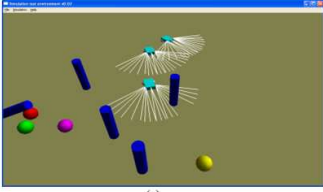


Agentes Autônomos

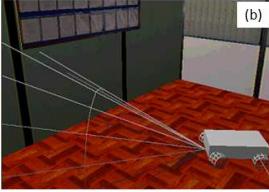
Agentes Autônomos Inteligentes:

No mundo dos SIMULADO...

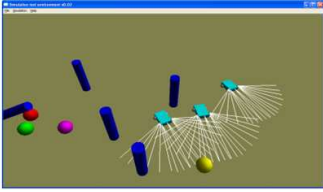
Percepção em Veículos Autônomos!



(a)



(b)




(c)

Simulação de Sensores:

- InfraRed
- Sonar
- Laser
- GPS
- Câmera


SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
48 Agentes Autônomos



LRM

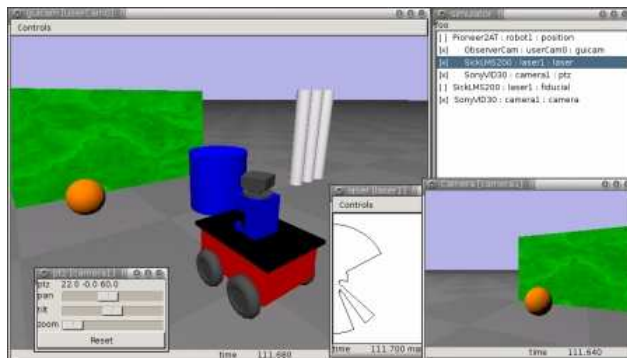
Laboratório de Robótica Móvel

12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

Agentes Autônomos Inteligentes:
No mundo dos SIMULADO...
Percepção em Veículos Autônomos!



Simulação de Sensores:

- InfraRed
- Sonar
- Laser
- GPS
- Câmera

Player – Stage - Gazebo

SemComp 12 - MiniCurso
 Simulação Virtual de Carros
 # 49 Agentes Autônomos

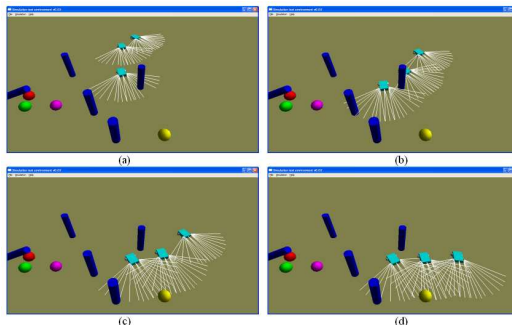
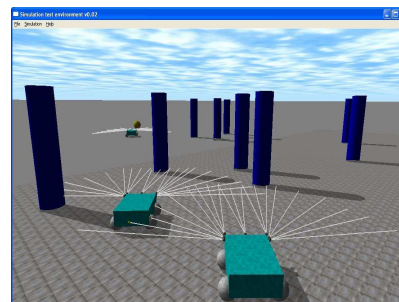


Esquadrão Robótico: Simulação

Robótica Autônoma - Controle Inteligente Multi-Robôs

RoBombeiros :
Navegação e Desvio de Obstáculos

- *Aprendizado usando Redes Neurais Artificiais*
- *GPS: Posição Atual, Posição de Destino, Orientação*
- *Navegação: Uso da Orientação e dos Sensores*



Seqüências de uma simulação com navegação e desvio satisfatórios

RoBombeiros :
Controle dos Robôs

- Simulação Física usando a ODE*
- *Simulação da Cinemática (steering)*
 - *Simulação da Dinâmica (aceleração, inércia, colisões)*

SemComp 12 - MiniCurso
 Simulação Virtual de Carros
 # 50 Aplicações



Esquadrão Robótico: **Simulação**

Navegação com desvio de obstáculos

Navegação: **Direcionamento + Desvio de Obstáculos**

DIRECIONAMENTO GLOBAL (Posição + Bússola)

NAVEGAÇÃO LOCAL (Desvio)



Robombeiros:

- Navegação com obstáculos esparsos
- Desvio local
- Conhecimento:
 - Posição do Robô
 - Posição do Alvo
 - Direção
- Método usado: RNA (Machine Learning)

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
51 Aplicações



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Esquadrão Robótico: **Simulação**

Robótica Autônoma - **Controle Inteligente Multi-Robôs**

RoBombeiros – Simulador Robôs para Combate à Incêndios

Objetivo:

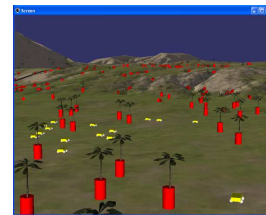
Criar um ESQUADRÃO de ROBOS AUTÔNOMOS para o COMBATE COORDENADO A INCÊNDIOS em AMBIENTE FLORESTAIS

SIMULAÇÃO REALISTA:

Ambiente de Realidade Virtual + Física



Simulação Física usando a ODE



SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
52 Aplicações



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Esquadrão Robótico: **Simulação**

Aprendizado de Estratégias:

➤ **Objetivo: Cercar e Barrar o Incêndio**



Estratégia:
Definida pelo
Algoritmo
Genético

Comportamentos em Sistemas Multi-Robóticos: Robombeiros
Planejamento de Trajetórias – Otimização usando ALGORITMOS GENÉTICOS - GA

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
53 Aplicações

USP ICMC **LRM**
Laboratório de Robótica Móvel

12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS

SEMCOMP

Esquadrão Robótico: **Simulação**

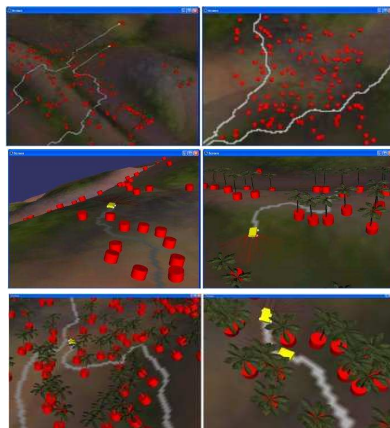
Robótica Autônoma: AÇÕES TÁTICAS

Esquadrão de Combate a Incêndios

RoBombeiros – Simulador Robôs para Combate à Incêndios

SIMULAÇÃO:

- Ambiente Virtual 3D
- Simulação da Cinemática e Dinâmica
- Simulação Física
- Planejamento da Estratégia de Combate ao Incêndio (Pontos de Ataque)
- Otimização da Estratégia Coordenada usando Algoritmos Genéticos
- Navegação e Desvio de Obstáculos usando Aprendizado Neural



SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
54 Aplicações

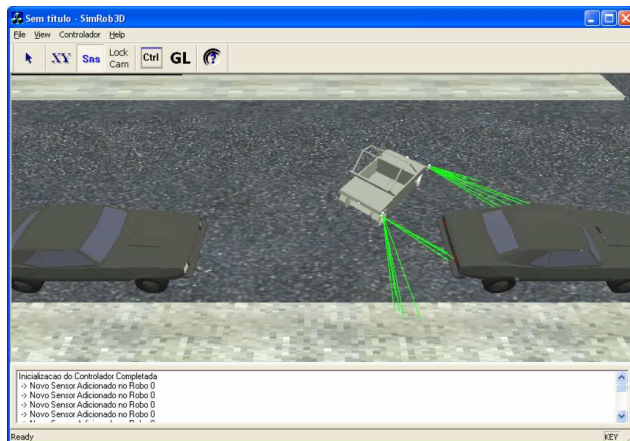
USP ICMC **LRM**
Laboratório de Robótica Móvel

12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS

SEMCOMP

Veículos Autônomos: Simulação de Estacionamento

SEVA3D – Simulador de Estacionamento de Veículos Autônomos 3D



Video Demo



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

SemComp 12 - MiniCurso
 Simulação Virtual de Carros
 # 55 Aplicações



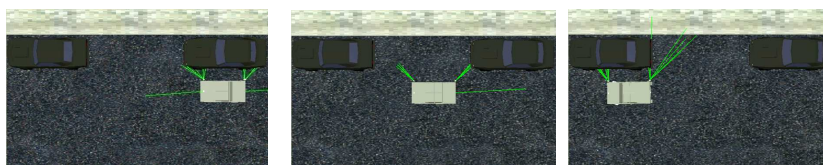
123 SEMCOMP 123 COMPUTAÇÃO
 19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Veículos Autônomos: Simulação de Estacionamento

SEVA3D – Simulador de Estacionamento de Veículos Autônomos 3D

Aprendizado de um autômato (FSA) usando uma Rede Neural Artificial



Searching Parking Space

Positioning Outside

Entering

Positioning Inside

Aligning

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

<http://osorio.wait4.org/publications/Papers-Osorio.htm> [usp / guest]

SemComp 12 - MiniCurso
 Simulação Virtual de Carros
 # 56 Aplicações



123 SEMCOMP 123 COMPUTAÇÃO
 19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

Agentes Autônomos Inteligentes:

Agentes Autônomos

- Capacidade para perceber o ambiente
SENSORES
- Capacidade para planejar e decidir suas ações
RACIOCÍNIO
- Capacidade para agir e se locomover
ATUADORES

Agentes Inteligentes

Algoritmos de Navegação Local

- Segue em uma direção
- Evita Obstáculos
- Campos Potenciais
- *Steering Behaviors* (Reynolds)
- *Line Follow*
- *Follow me*

Algoritmos de Navegação Global

- *Way-Point*
- *A Star (A*)*
- *D Star*
- Grafo de Visibilidade

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
57 Agentes Autônomos



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

Agentes Autônomos Inteligentes:

Agentes Autônomos

- Capacidade para perceber o ambiente
SENSORES
- Capacidade para planejar e decidir suas ações
RACIOCÍNIO
- Capacidade para agir e se locomover
ATUADORES

Agentes Inteligentes

Arquiteturas de Controle

- Reativa
- Deliberativa
- Hierárquica
- Híbrida

REFERÊNCIAS:

- JBCS 1998
- SBC - JAIA 2001
- SBC - JAI 2003
- SBC - JAI 2005
- SBC - JAI 2009
- SBGames 2007

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
58 Agentes Autônomos



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

Agentes Autônomos Inteligentes:

REFERÊNCIAS:

- JBCS 1998: Medeiros, Adelardo A.D. (1998). "A Survey of Control Architectures for Autonomous Mobile Robots". JBCS - Journal of the Brazilian Computer Society, vol. 4, n. 3.
- SBC - JAIA 2001: Ribeiro, C.; Reali, A. e Romero, R., (2001) "Robôs Móveis Inteligentes: Princípios e Técnicas", I Jornada de Atualização em Inteligência Artificial - JAIA'2001, Anais do XXI Congresso da SBC, vol. 3, pp.257-306.
- SBC - JAI 2003: Pio, J. L. de Souza e Campos, M. F. M. (2003). "Navegação Robótica". Anais do XXII Congresso da SBC - Anais JAI'03. Campinas, SP.
- SBC - JAI 2005: Jung, C. R.; Osório, F. S.; Kelber, C.; Heinen, F. (2005) "Computação embarcada: Projeto e implementação de veículos autônomos inteligentes", Anais do CSBC'05 XXIV Jornada de Atualização em Informática (JAI). SBC, v. 1, p. 1358-1406.
- SBC - JAI 2009: Wolf, Denis F.; Osório, Fernando S.; Simões, Eduardo; Trindade Jr., Onofre. "Robótica Inteligente: da Simulação às Aplicações no Mundo Real." Anais do SBC - JAI: Jornada de Atualização em Informática. Rio de Janeiro (2009). v. 1, p. 279-330.
- SBGames 2007: Osório, Fernando; Pessin, Gustavo; Ferreira, Sandro; Nonnenmacher, Vinicius. "Inteligência Artificial para Jogos: Agentes Especiais com Permissão para Matar... e Raciocinar!" Tutorial SBGames 2007 - SBC, São Leopoldo, RS.

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
59 Agentes Autônomos



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

Agentes Autônomos: *Competições de I.A.* *Desenvolvendo Agentes Inteligentes*



Futebol de Robôs
Robocup
Missão de Resgate
Fire Fighting Contest



SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
60 Agentes Autônomos



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

Agentes Autônomos: *Competições de I.A.* Desenvolvendo Veículos Autônomos REAIS



Darpa Grand Challenge
Desafio do Deserto, USA
2005

Vencedor: Stanley / Stanford



Darpa Urban Challenge
Desafio Urbano, USA
2007

Vencedor: Boss / CMU

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
61 Agentes Autônomos



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

Agentes Autônomos: *Competições de I.A.* Desenvolvendo Veículos Autônomos SIMULADOS



CIG 2009 Car Racing Competition
CEC 2009 e GECCO 2009
IEEE CIG – Computational Intelligence in Games Conference

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
62 Agentes Autônomos



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

Agentes Autônomos: Competições de I.A.
Desenvolvendo Veículos Autônomos SIMULADOS



CIG 2009 Car Racing Competition
Simulador TORCS – The Open Race Car Simulator
 TORCS - <http://torcs.sourceforge.net/> Free and Open Source

SemComp 12 - MiniCurso
 Simulação Virtual de Carros
 # 63 Agentes Autônomos

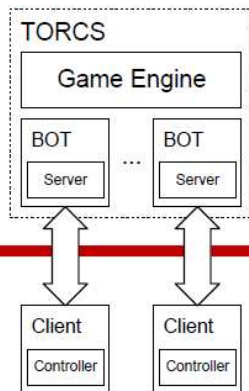


12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
 19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

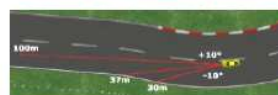
CIG 2009 Car Racing Competition
Simulador TORCS – The Open Race Car Simulator



Arquitetura Cliente-Servidor

- Modelos de Sensores
- Modelos de Atuadores
- Simulação Realística de Veículos

Sensors & Actuators Model



SemComp 12 - MiniCurso
 Simulação Virtual de Carros
 # 64 Agentes Autônomos



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
 19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

CIG 2009 Car Racing Competition

Simulador TORCS – The Open Race Car Simulator

Os sensores disponíveis ao usuário são:

- **Angle:** ângulo entre a direção do carro e a direção do eixo da pista (bússola carro + orientação pista);
- **Curlaptime:** tempo decorrido na volta corrente;
- **Damage:** dano atual do carro (quanto maior o dano, maior é o valor desta variável);
- **DistFromStart:** distância percorrida pelo carro a partir da linha de partida;
- **DistRaced:** distância total percorrida desde o início da corrida;
- **Fuel:** nível atual de combustível;
- **Gear:** marcha corrente;
- **LastLapTime:** tempo da última volta;
- **Oponents:** vetor de 36 sensores que detecta os oponentes (sensor laser: de 10 em 10 graus, 100 mts);
- **RacePos:** Posição na corrida em relação aos demais oponentes;
- **Rpm:** Número de rotações por minuto do motor;
- **SpeedX:** Velocidade do carro, considerando o sentido longitudinal do carro;
- **SpeedY:** Velocidade do carro, considerando o sentido transversal do carro;
- **Track:** vetor de 19 sensores laser, mede distância até a borda da pista (frontal 180 graus, 100 mts);
- **TrackPos:** distância entre o carro e o centro do eixo da pista. A largura da pista é normalizada;
- **WheelSpinVel:** 4 sensores que medem de modo independente a velocidade de rotação das rodas.

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
65 Agentes Autônomos



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

CIG 2009 Car Racing Competition

Simulador TORCS – The Open Race Car Simulator

Os atuadores disponíveis são:

- **Accel:** pedal do acelerador virtual, indicando o grau de aceleração.
Note que assim como o pedal do acelerador, este pedal tem um intervalo de atuação, indo de “não pressionado” até “pisando a fundo”;
- **Brake:** pedal do freio virtual;
- **Gear:** Troca de marchas (são usadas 7 marchas, mais neutro e ré);
- **Steering:** Valor do giro da direção (ângulo de esterçamento da direção);
- **Meta:** Sinaliza para o servidor reinicializar a corrida.

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
66 Agentes Autônomos



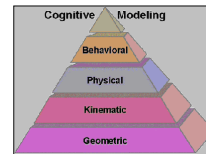
12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Agentes Autônomos

CIG 2009 Car Racing Competition
Simulador TORCS – The Open Race Car Simulator

Composição de uma Equipe Brasileira ???



Serious Game:
Real-Time Real World
Simulation

SemComp 12 - MiniCurso
 Simulação Virtual de Carros
 # 67 Agentes Autônomos



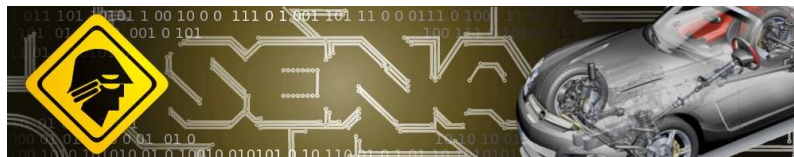
12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
 19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Veículos Autônomos: Pesquisa e Aplicações



Além dos Jogos...



SemComp 12 - MiniCurso
 Simulação Virtual de Carros
 # 68 Aplicações



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
 19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



INCT-SEC: Veículo Terrestre Autônomo

VTNT: Veículo Terrestre Não Tripulado

INCT-SEC - Grupo de Trabalho: Veículo Terrestre Autônomo
Parceria Projeto SENA - USP EESC/ICMC
Parceira CTI/CENPRA

Objetivo:

Desenvolvimento de sistemas de navegação autônoma e assistida para veículos terrestres



SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
69 Aplicações



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS
SEMCOMP

INCT-SEC: Veículo Terrestre Autônomo

Navegação assistida para veículos terrestres



Detecção de Obstáculos
e de Pedestres

Sensores:

- Laser SICK
- GPS
- Câmera de Vídeo
- Unidade Inercial (IMU)

Alerta em
Situações de Perigo

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
70 Aplicações

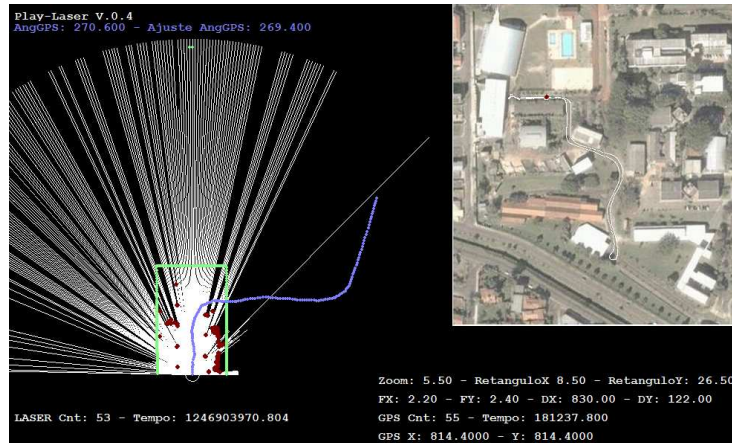


12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS
SEMCOMP

INCT-SEC: Veículo Terrestre Autônomo

Navegação assistida para veículos terrestres

Detecção de Obstáculos



Sensores: Laser SICK, GPS, Câmera de Vídeo

SemComp 12 - MiniCurso
 Simulação Virtual de Carros
 # 71 Aplicações



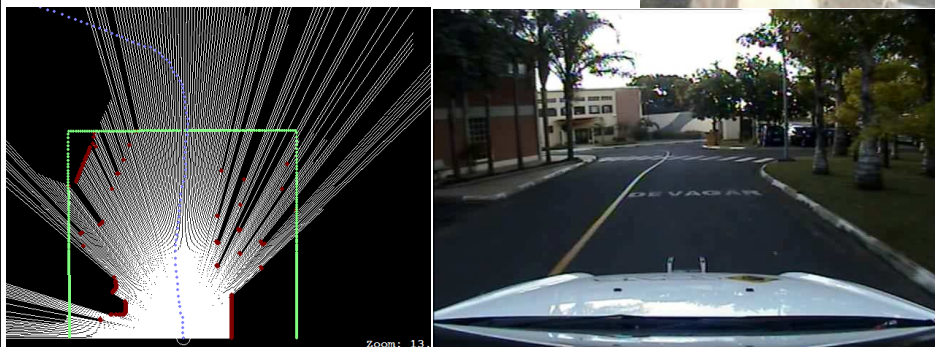
12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
 19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Veículo Terrestre Autônomo

Navegação assistida para veículos terrestres

Detecção de Obstáculos e Pedestres
 Alertas de Perigo



Sensores: Laser SICK, GPS, Câmera de Vídeo

SemComp 12 - MiniCurso
 Simulação Virtual de Carros
 # 72 Aplicações



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
 19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



Veículo Terrestre Autônomo



SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
73 Aplicações



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS
SEMCOMP

OBRIGADO!



LRM

Laboratório de Robótica Móvel

[Http://www.icmc.usp.br/~lrm](http://www.icmc.usp.br/~lrm)

Denis Fernando Wolf	- denis@icmc.usp.br
Eduardo do Valle Simões	- simoes@icmc.usp.br
Fernando Santos Osório	- fosorio@icmc.usp.br
Gustavo Pessin	- pessin@gmail.com

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
74 Aplicações



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS
SEMCOMP

OBRIGADO!



Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em **Sistemas Embarcados Críticos**

[Http://inct-sec.org/](http://inct-sec.org/)

Denis Fernando Wolf - denis@icmc.usp.br
Eduardo do Valle Simões - simoes@icmc.usp.br
Fernando Santos Osório - fosorio@icmc.usp.br
Gustavo Pessin - pessin@gmail.com
Kalinka R.L.J. Castelo Branco - kalinka@icmc.usp.br

Coord. do INCT: José Carlos Maldonado / USP - ICMC
Grupo de Trabalho: Desenvolvimento de Veículos Terrestres Autônomos

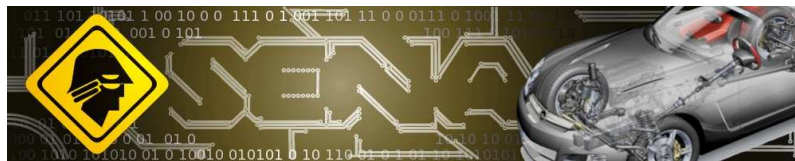
SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
75 Aplicações



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
 19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS



OBRIGADO!



Sistema Embarcado de Navegação Autônoma

[Http://www.eesc.usp.br/sena/](http://www.eesc.usp.br/sena/)

EESC - Glauco Caurin
Marcelo Becker

Valdir Grassi Jr.
Daniel Varela Magalhães

ICMC - Denis Fernando Wolf
Eduardo do Valle Simões
Fernando Santos Osório
Gustavo Pessin

Alberto Hata
Leandro Couto
Leandro Carlos Fernandes
Patrick Shinzato
Maurício Dias

SemComp 12 - MiniCurso
Simulação Virtual de Carros
76 Aplicações



12ª SEMANA DE COMPUTAÇÃO
 19 a 23 DE OUTUBRO DE 2009
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO - USP SÃO CARLOS

