

Inteligência Artificial Aplicada a Robôs Reais

Prof. Dr. Eduardo Simões

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – USP

<http://www.icmc.usp.br/~simoese/seminars/semi.html>

email: simoese@icmc.usp.br

Pensamento:

“Quem acreditaria em uma Formiga em teoria?”

S. J. Gould, 1950

... Como se projeta uma Girafa?

... O que é Vida Artificial?

...”

Sumário

1- Computação Evolutiva

1.1 – Conceito

1.2 – Inspiração na Natureza

1.3 – Redes Neurais Artificiais

2- Aplicações da Computação Evolutiva na Robótica

2.1 – Robótica Evolutiva

2.2 – Implementação

2.3 – Experimentos

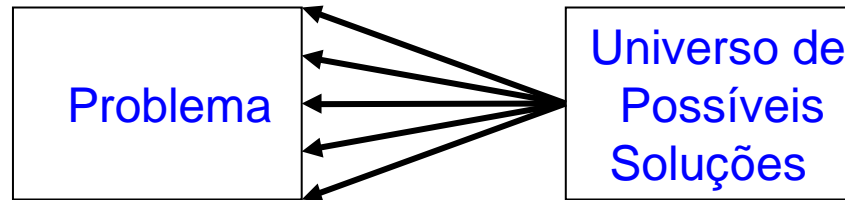
2.4 – Predação

3- Conclusões

1- Computação Evolutiva

1.1- Computação Evolutiva: Conceito

■ Sistemas de Computação Tradicionais:

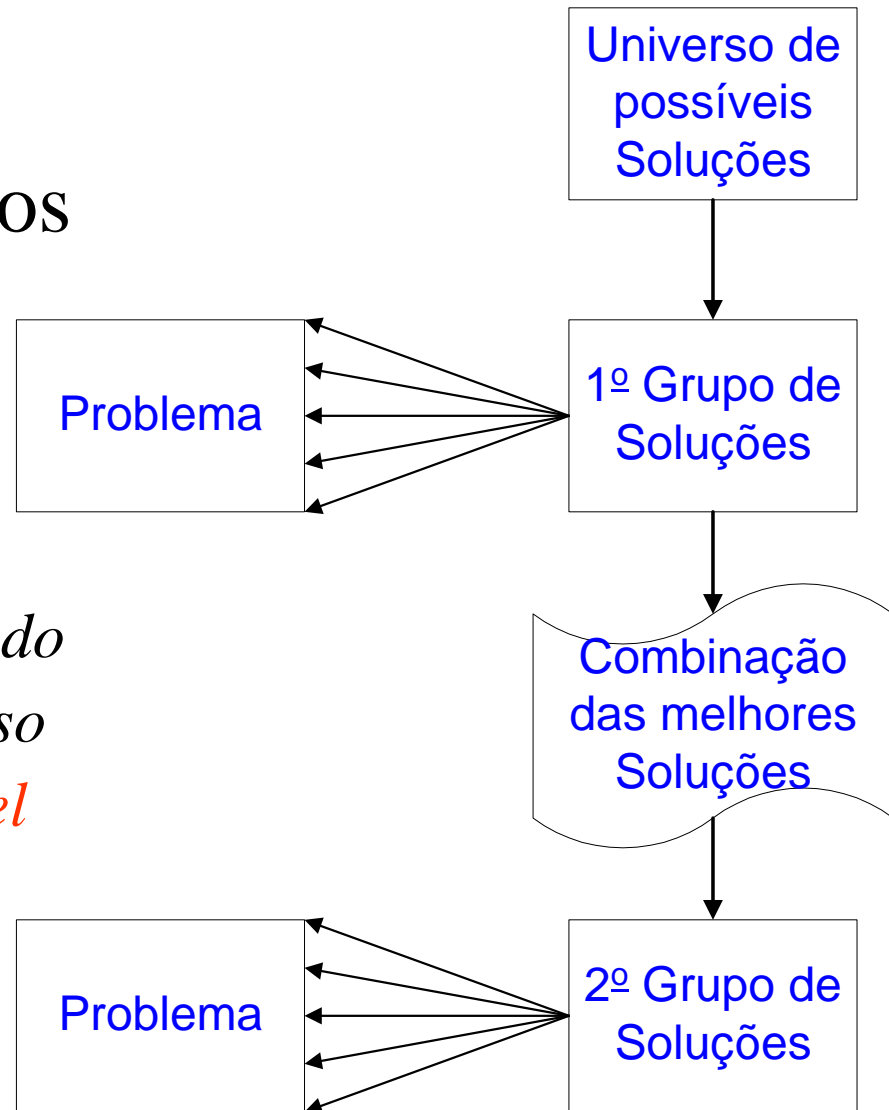


→ Tentar exaustivamente *todas as possíveis soluções* e escolher a mais adequada

1.1- Computação Evolutiva: Conceito

■ Algoritmos Genéticos

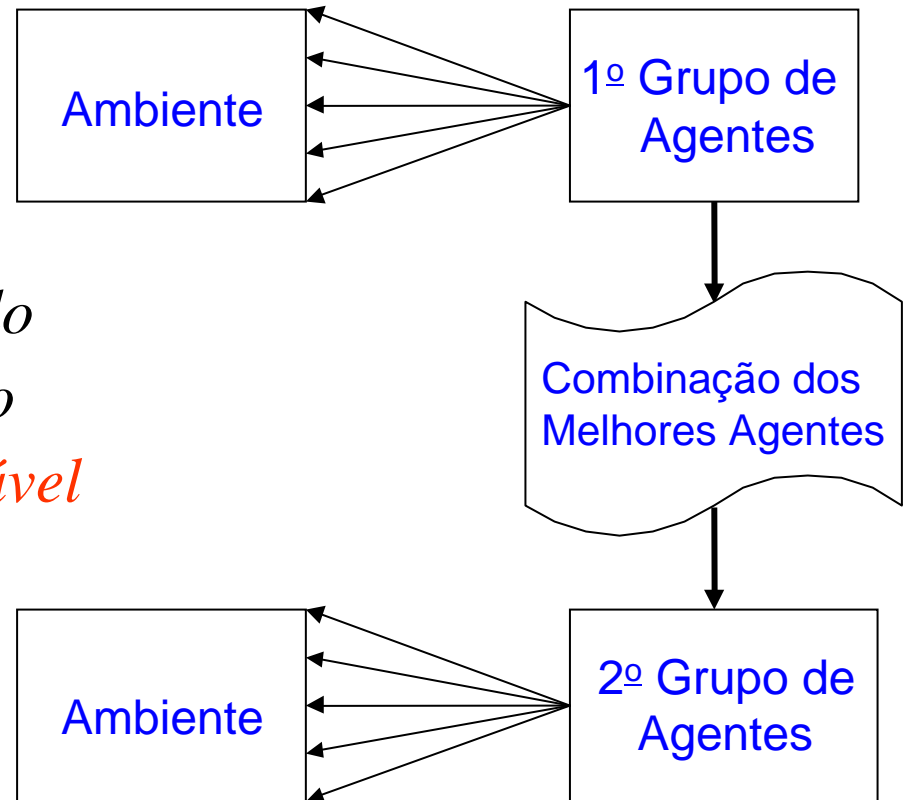
→ *Teste de um critério definido e interrompimento do processo quando uma **solução aceitável** é produzida.*



1.1- Computação Evolutiva: Conceito

■ Computação Evolutiva

→ *Teste de um critério definido e interrompimento do processo quando um **desempenho aceitável** é produzido.*



1.1- Computação Evolutiva: Conceito

■ Computação Evolutiva:

→ *Uma Seleção Natural artificial dos mais adequados agentes ou soluções*

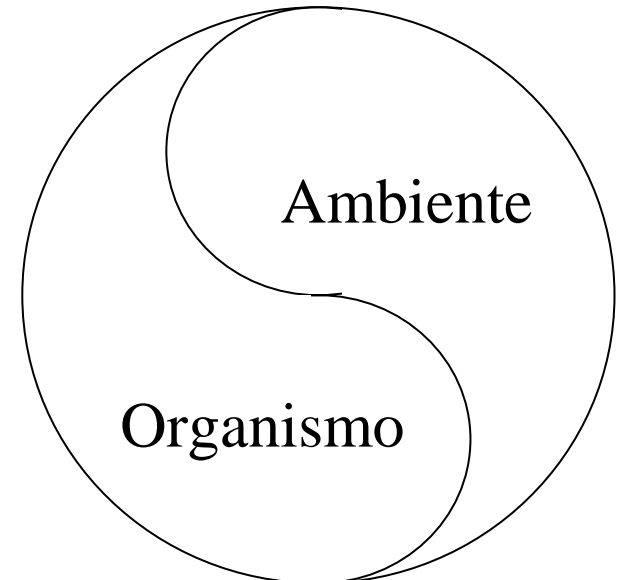
■ Premissa mais importante:

→ Especificar *o que* é desejado do robô, sem definir *como* ele deve fazer para obter esse comportamento

1.2- Inspiração na Natureza

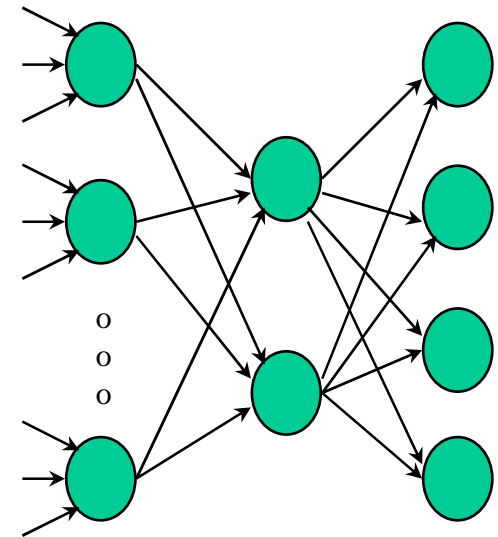
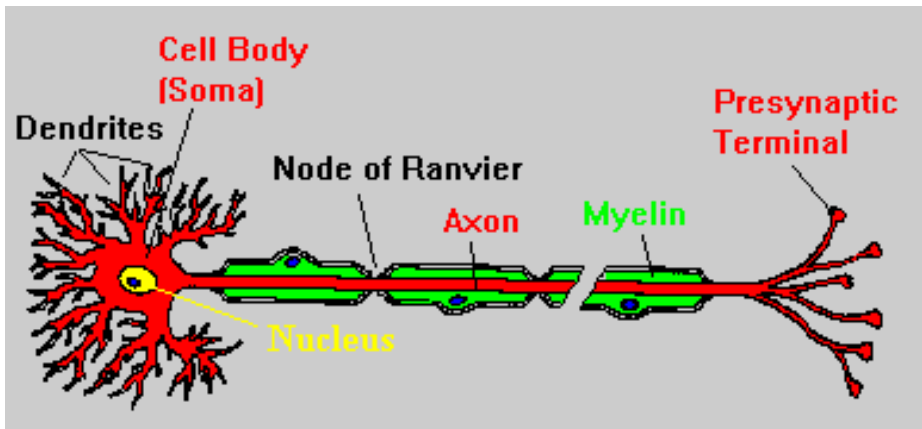
Interação entre Organismo e Ambiente:

- Comportamento: propriedade emergente da interação entre organismo e meio ambiente
- *“O ambiente não é apenas uma entidade complexa e variável, mas um mundo de oportunidades”*
por J.J. Gibson (1950)



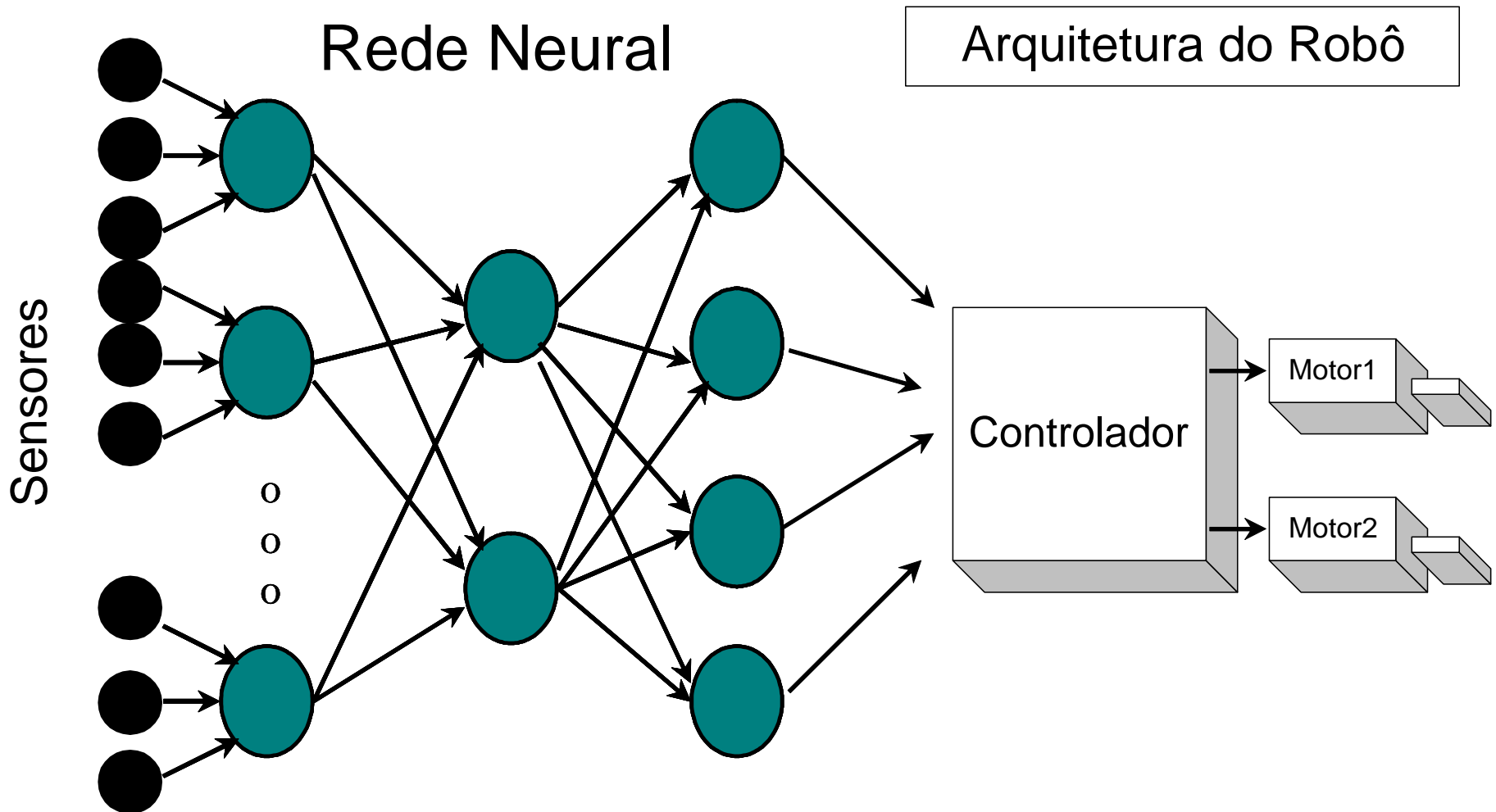
1.3- Redes Neurais Artificiais

- Redes Neurais Artificiais
(cérebro dos Robôs):



1.3- Redes Neurais Artificiais

- Generalização – Aprendizado por Tutor – Processa inf. ruidosa



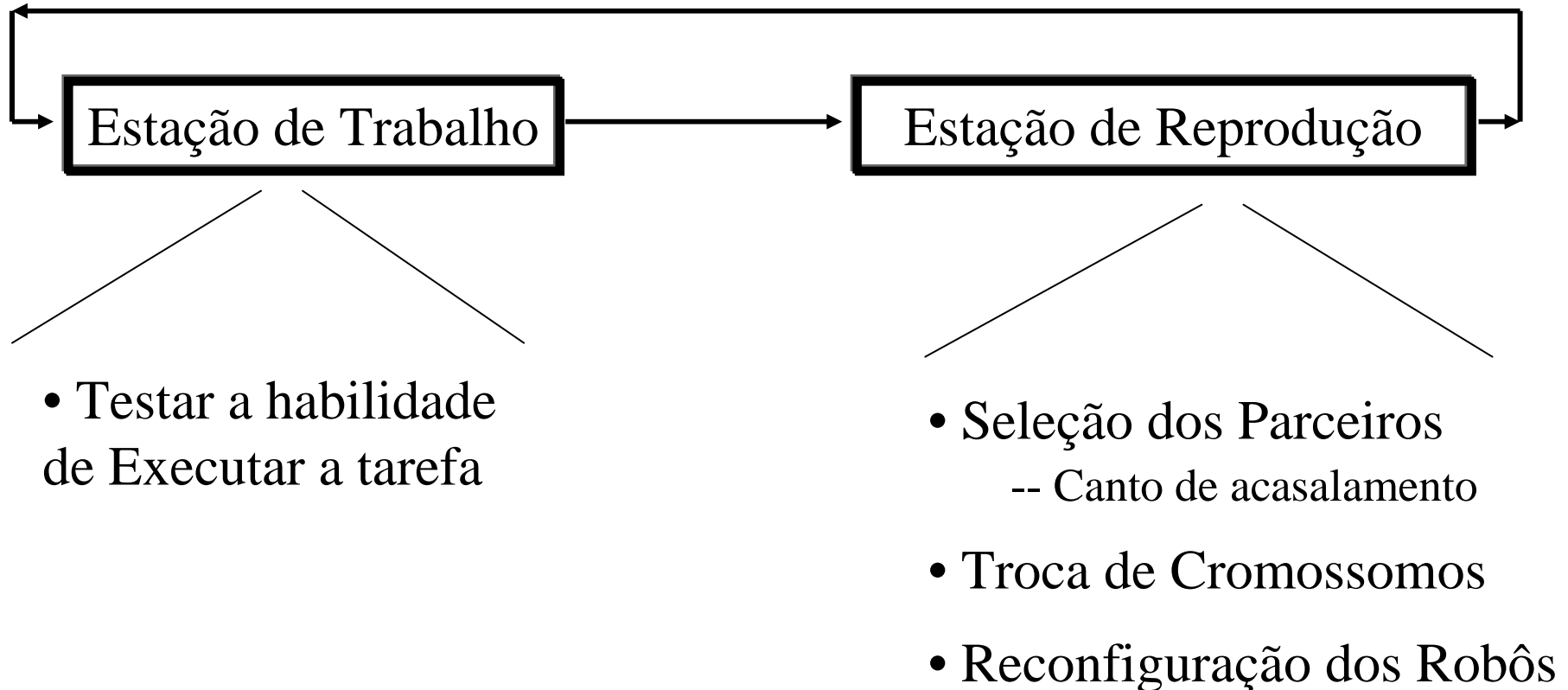
2- Aplicações da Computação Evolutiva na Robótica

2.1- Robótica Evolutiva

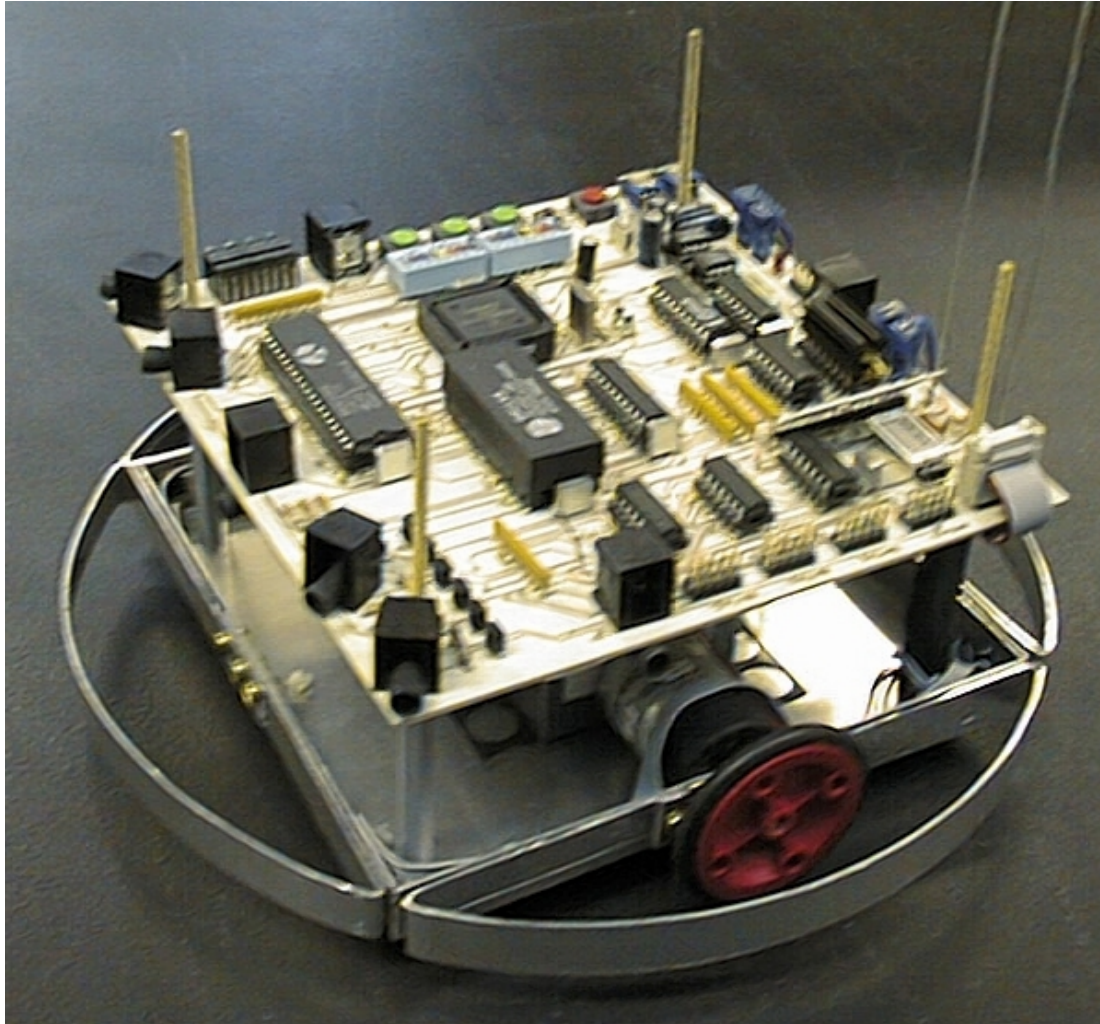


2.1- Robótica Evolutiva

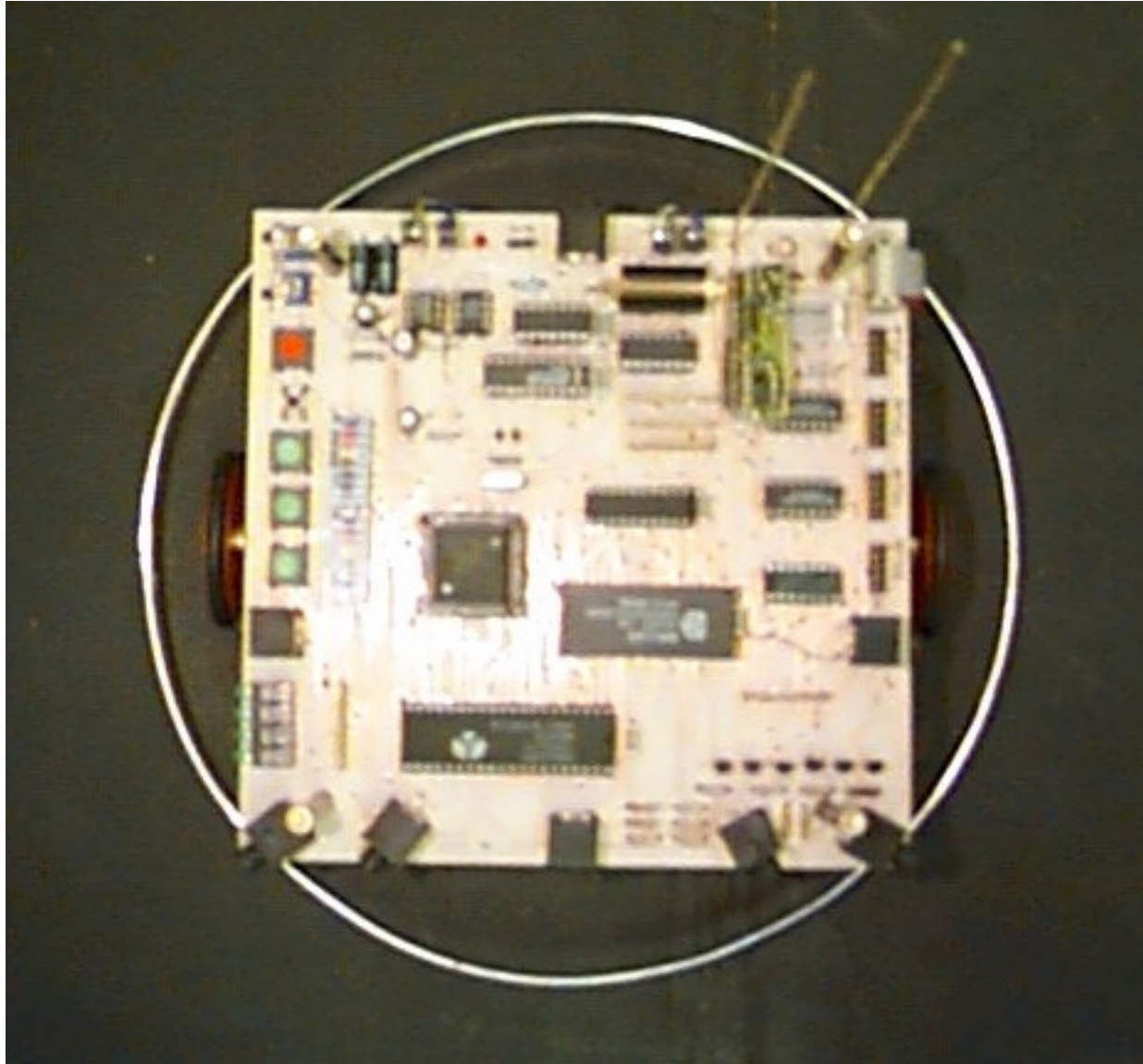
Processo Evolucionário:



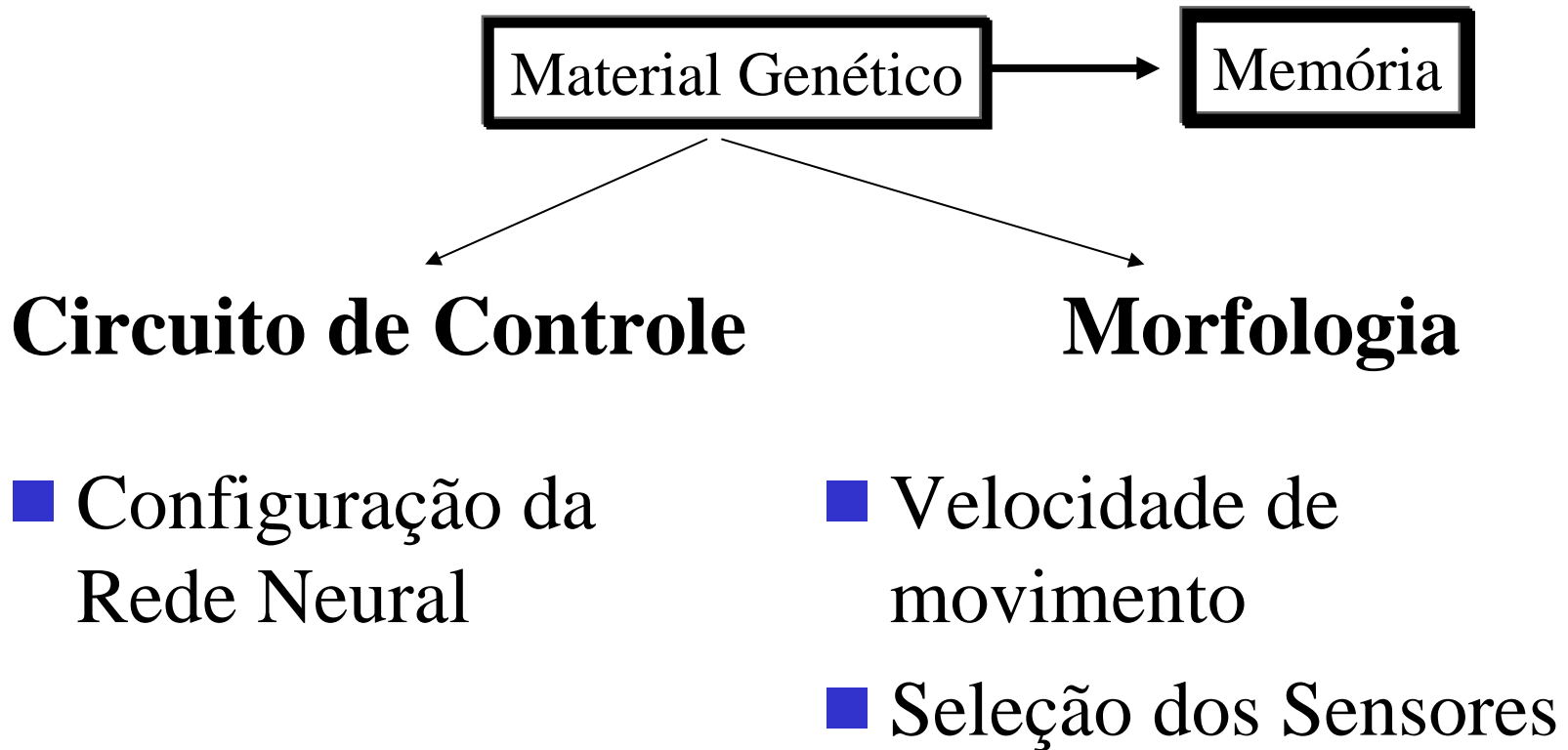
2.1- Robótica Evolutiva



2.1- Robótica Evolutiva

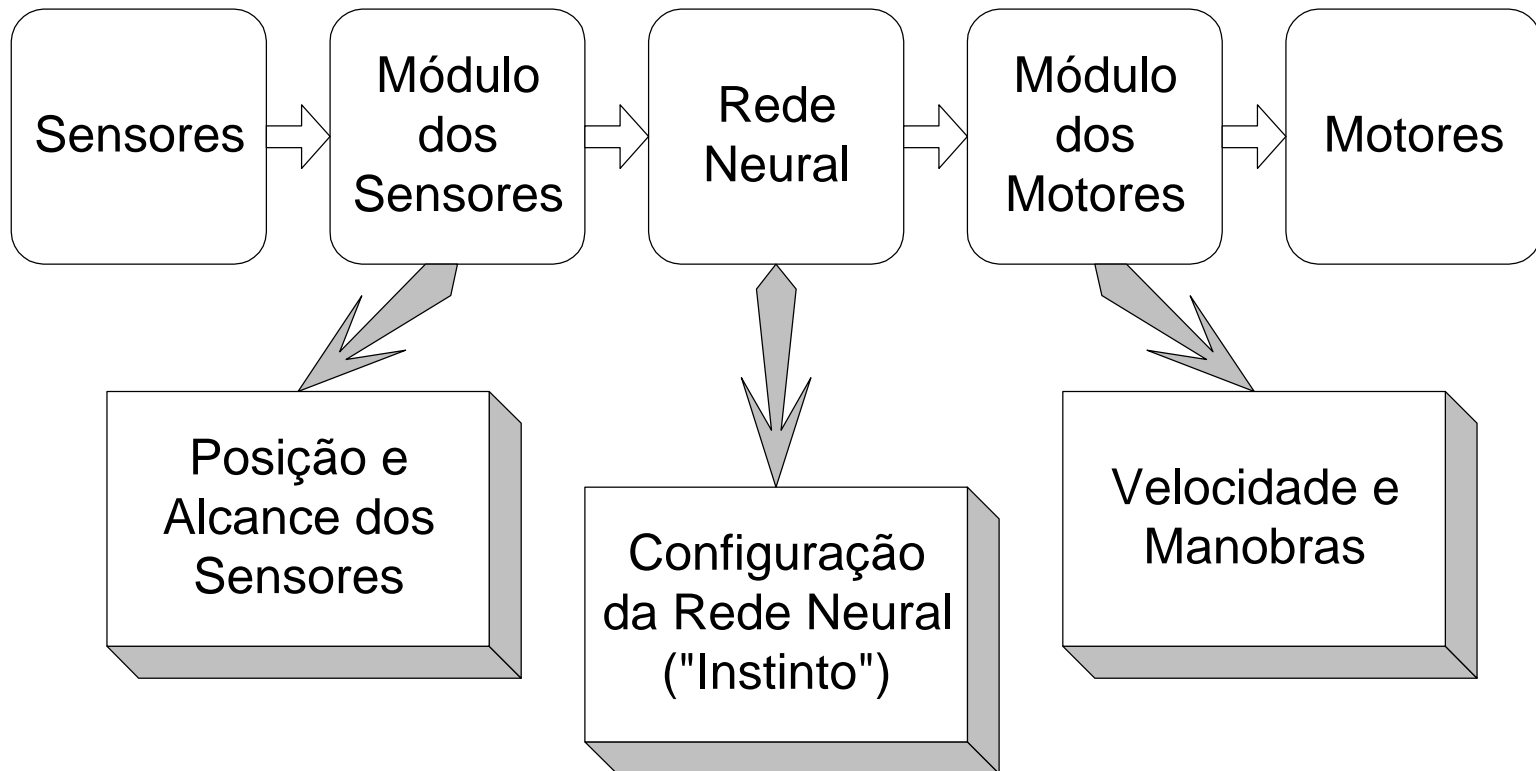


2.1- Robótica Evolutiva



2.2- Implementação

■ Arquitetura do Robô



2.2- Implementação

■ Controle por Solução Tradicional

Left = Right = 0;

If (Sensor4=1) then Left = Left + 1;

If (Sensor3=1) then Left = Left + 1;

If (Sensor2=1) then Left = Left + 1;

If (Sensor6=1) then Right = Right + 1;

If (Sensor7=1) then Right = Right + 1;

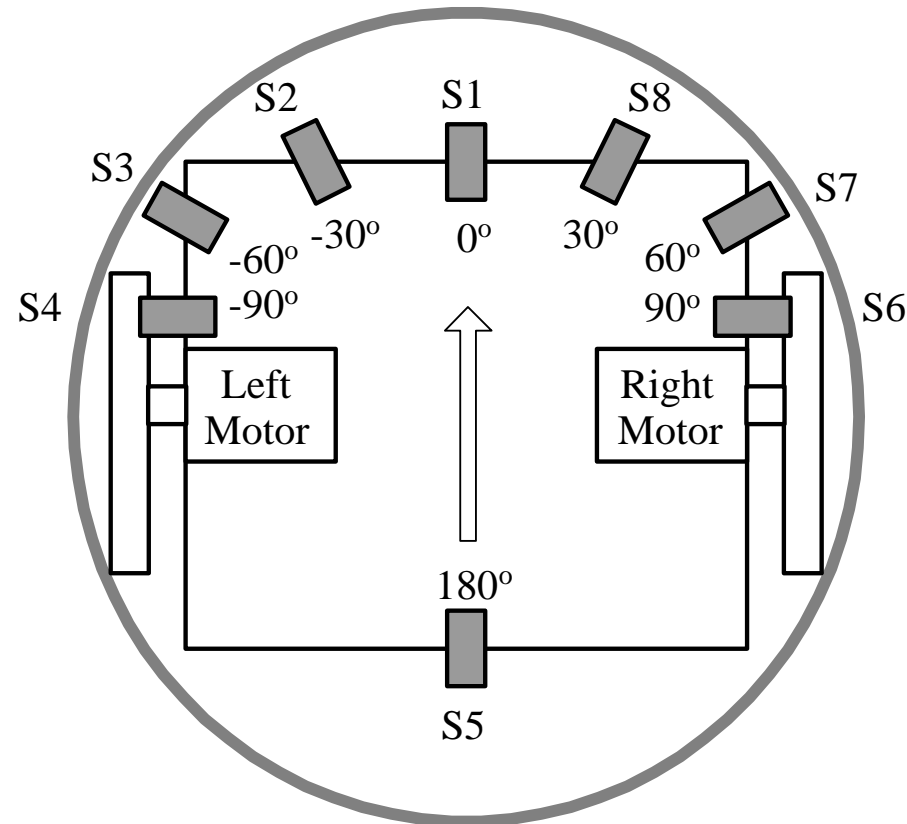
If (Sensor8=1) then Right = Right + 1;

If (Left > Right) then Command = TRS1;

If (Left = Right) then Command = FF;

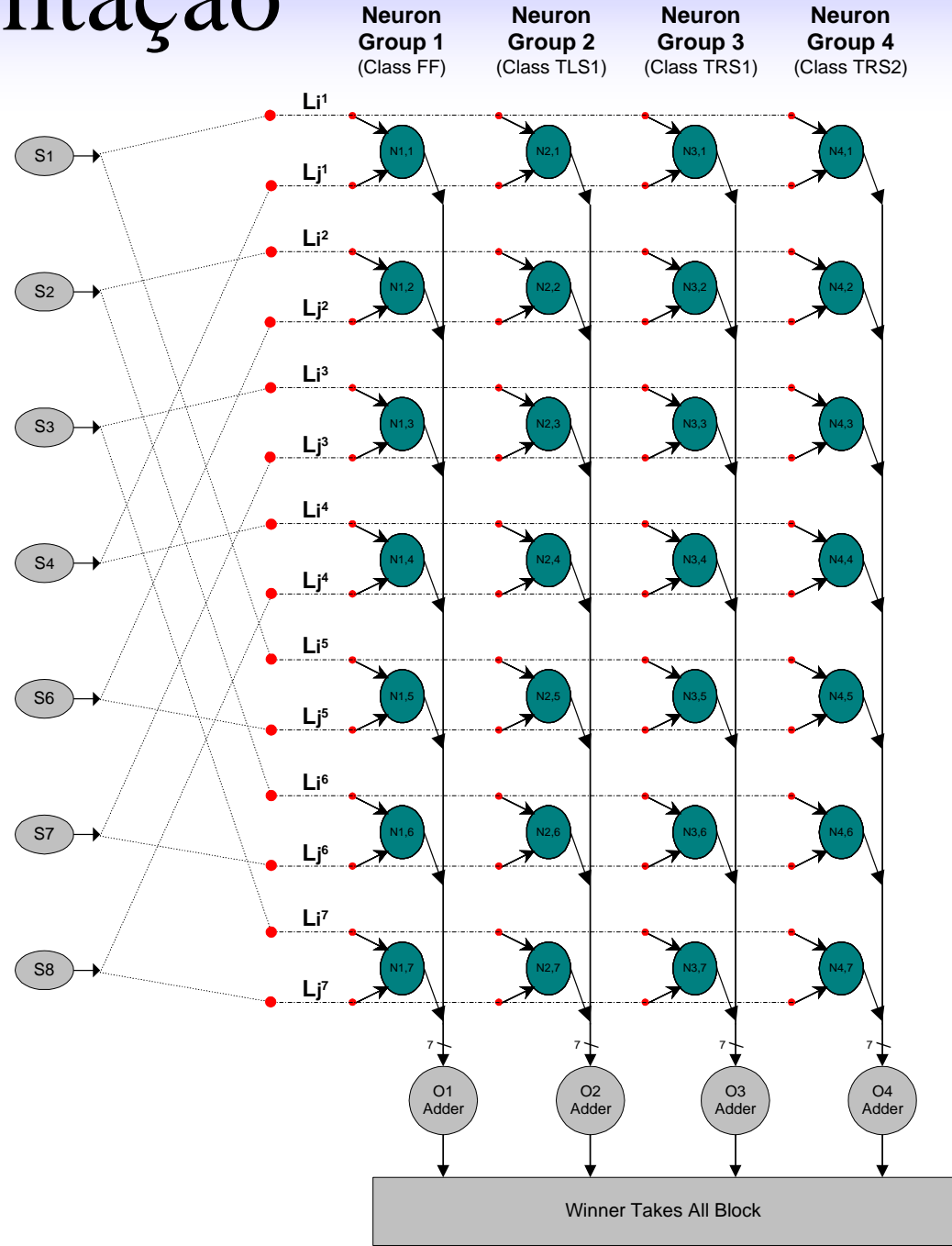
If (Left < Right) then Command = TLS1;

If (Sensor1=1) then Command = TRS2;



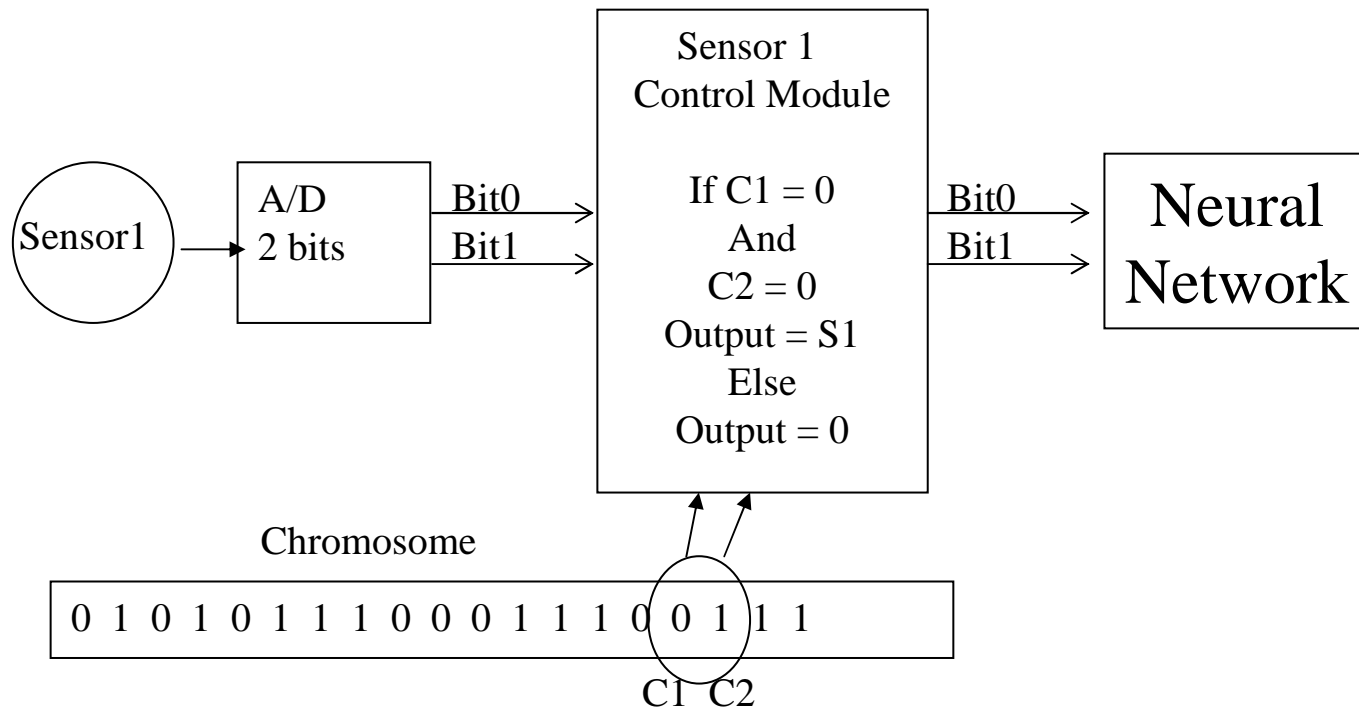
2.2- Implementação

■ Controle por Rede Neural



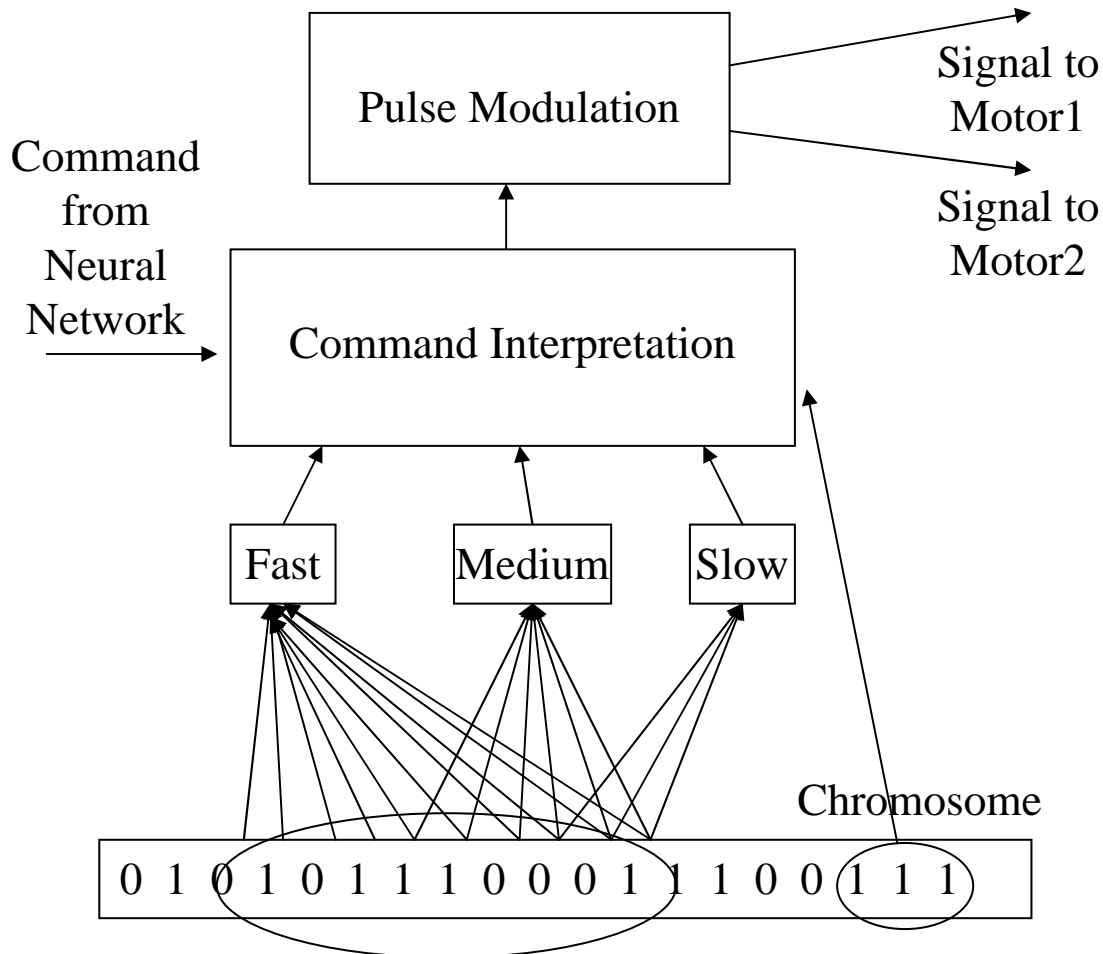
2.2- Implementação

Sensor Control Module



2.2- Implementação

Motor Control Module



2.2- Implementação

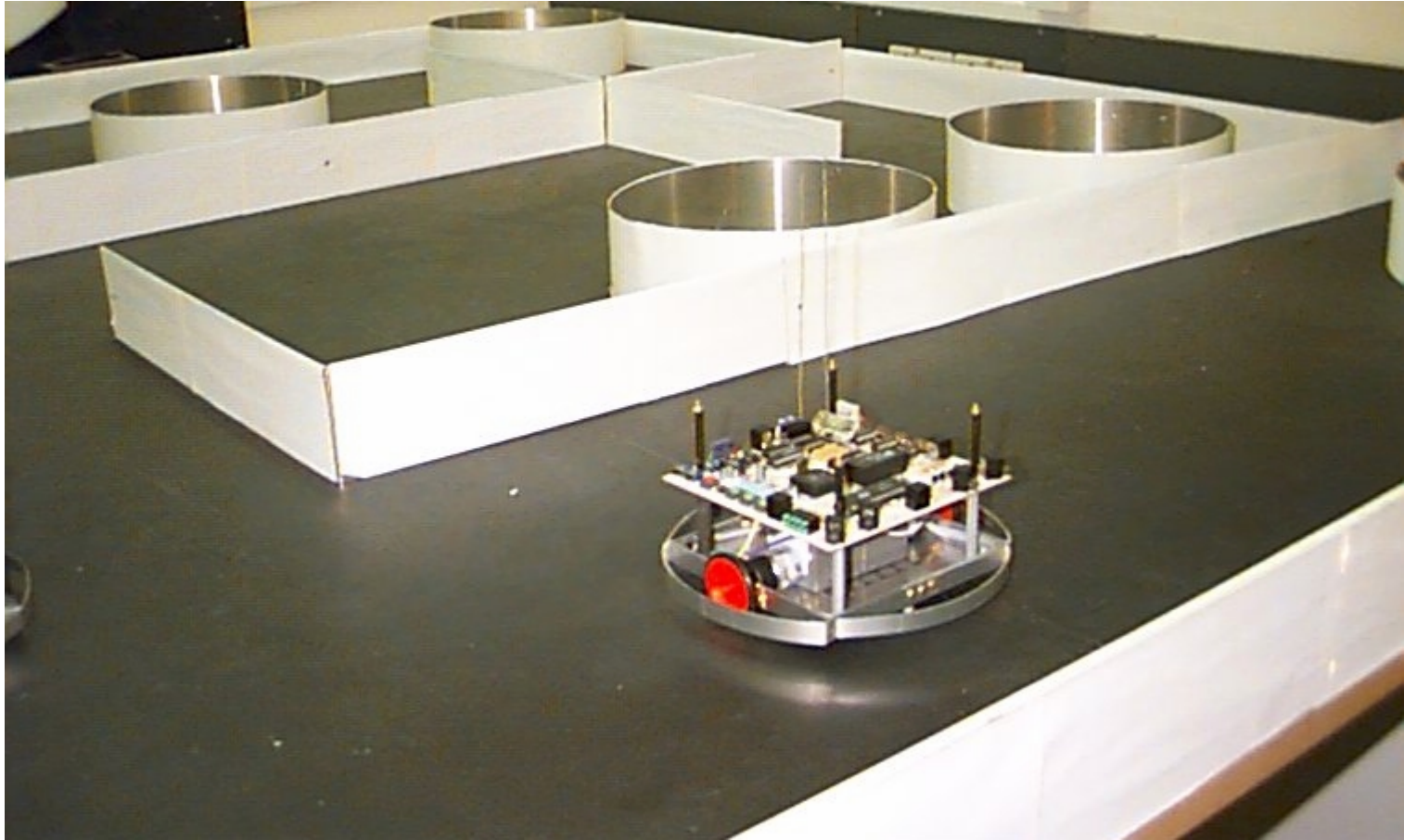
■ Função de *Fitness*

1- *Começa com 5000 pontos;*

2- *Recompensa: + 1 pontos para cada 1 seg. de movimento à Frente;*

3- *Punição: - 10 pontos a cada colisão.*

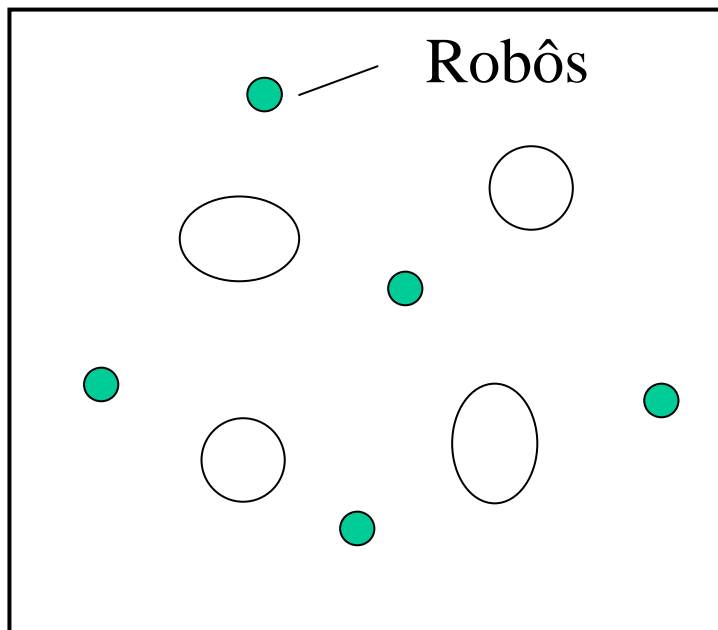
2.3- Experimentos



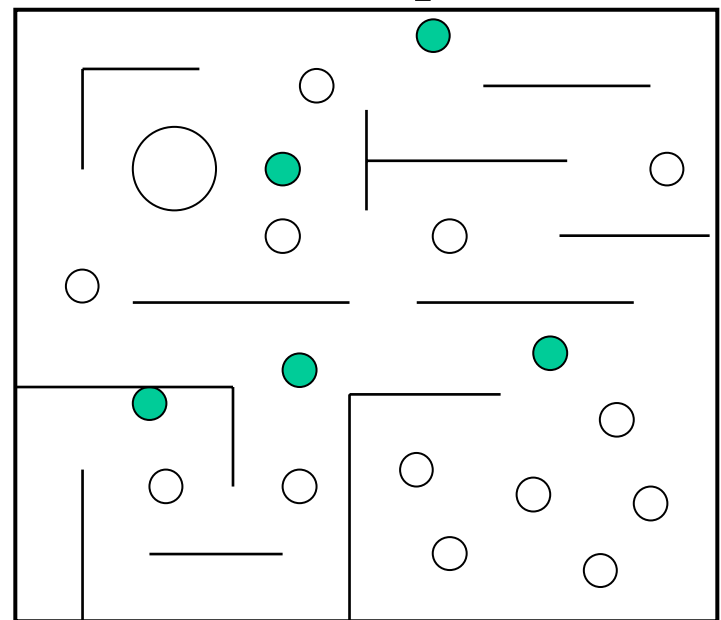
2.3- Experimentos

- Objetivo: Navegação sem Colisões

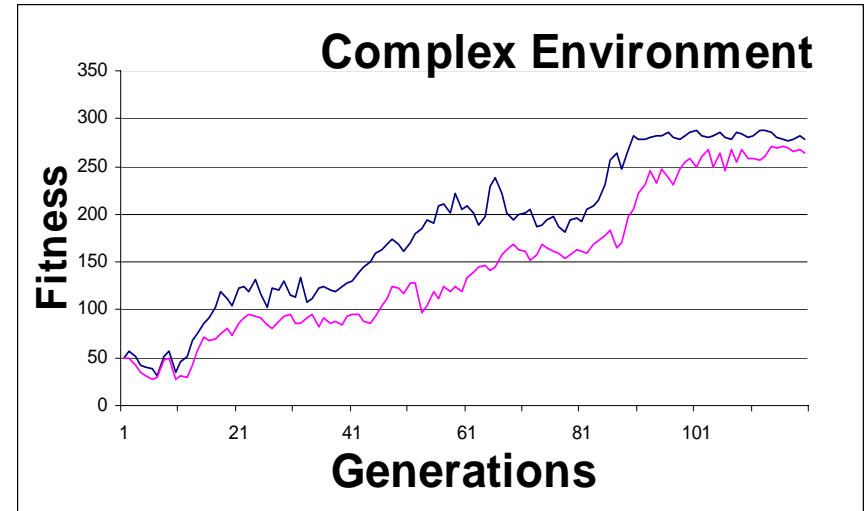
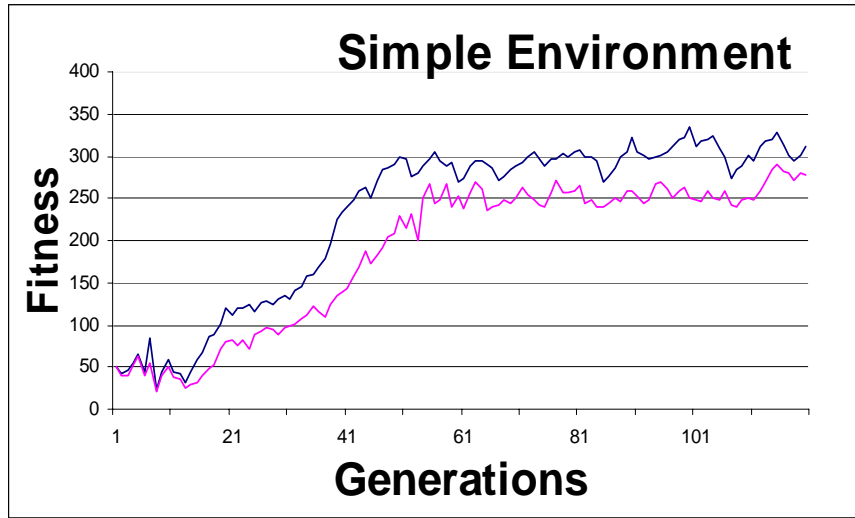
Simple



Complexo



2.3- Experimentos



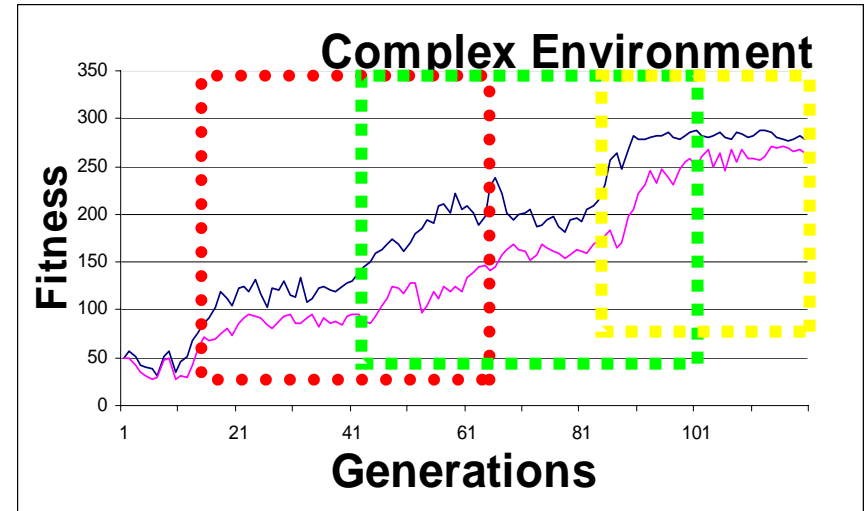
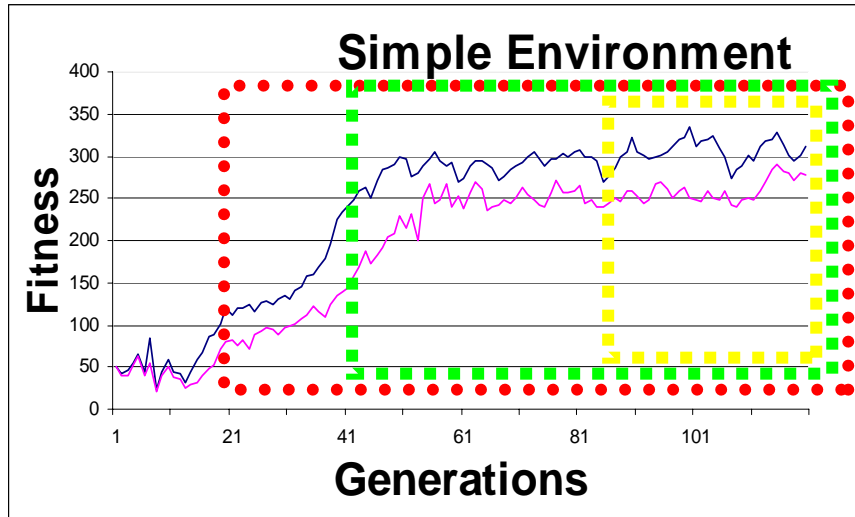
■ 120 Gerações: (1 min.)

■ Pontuação do

— Melhor Robô

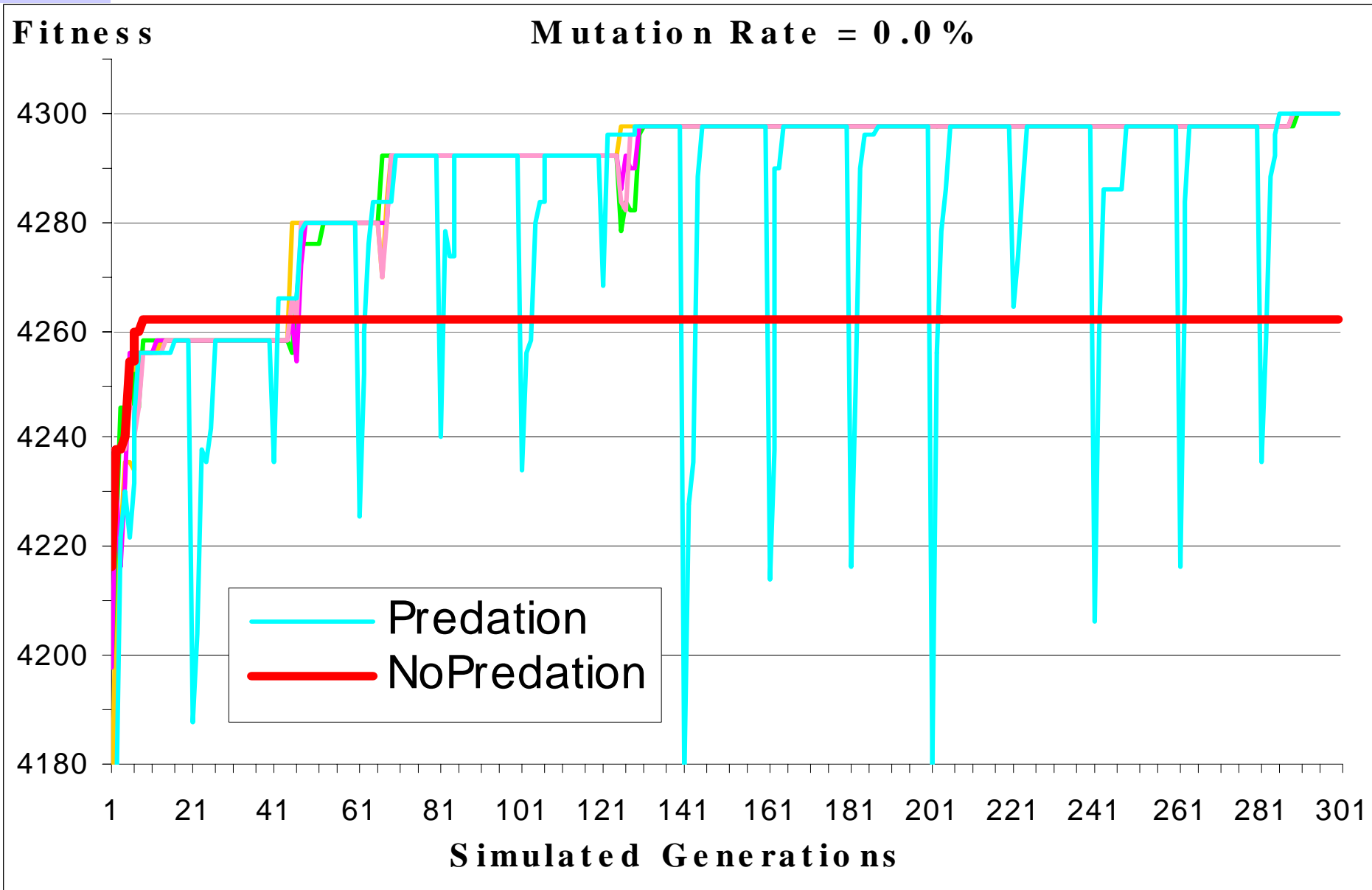
— Média da População

2.3- Experimentos



- Espécie 1** – Um sensor frontal
- Espécie 2** – Dois sensores, um frontal e outro lateral
- Espécie 3** – Três sensores, um frontal e dois laterais

2.4- Predação



3- Futebol de Robôs

3.1- Futebol de Robôs: Histórico

■ Histórico:

- 1992: idéia de robôs jogando futebol (prof. Alan Mackworth, Canadá);
- 1993: japoneses & coreanos;
- 1995: anúncio da iniciativa RoboCup e FIRA;
- 1996: realização das primeiras competições mundiais;
- 1997-2003: campeonatos anuais;

■ RoboCup & FIRA

- www.robocup.org
- www.fira.net

3.2- Futebol de Robôs: Sistema

- Sistema Inteligente de Futebol de Robôs
- 3 Módulos Principais:
 - Sistema de **Visão**
 - Sistema **Inteligente** de estratégia de jogo
 - Projeto dos **Robôs** Autônomos
- Infra-estrutura:
 - Campo
 - Rádio-modem
 - Iluminação
 - Camera de Vídeo

3.2- Futebol de Robôs: Visão

- Reconhecimento de cores
- Detectar a posição da bola e de cada robô
- Tabela com as coordenadas da bola e dos robôs



3.2- Futebol de Robôs: Estratégia de Jogo

■ Objetivo:

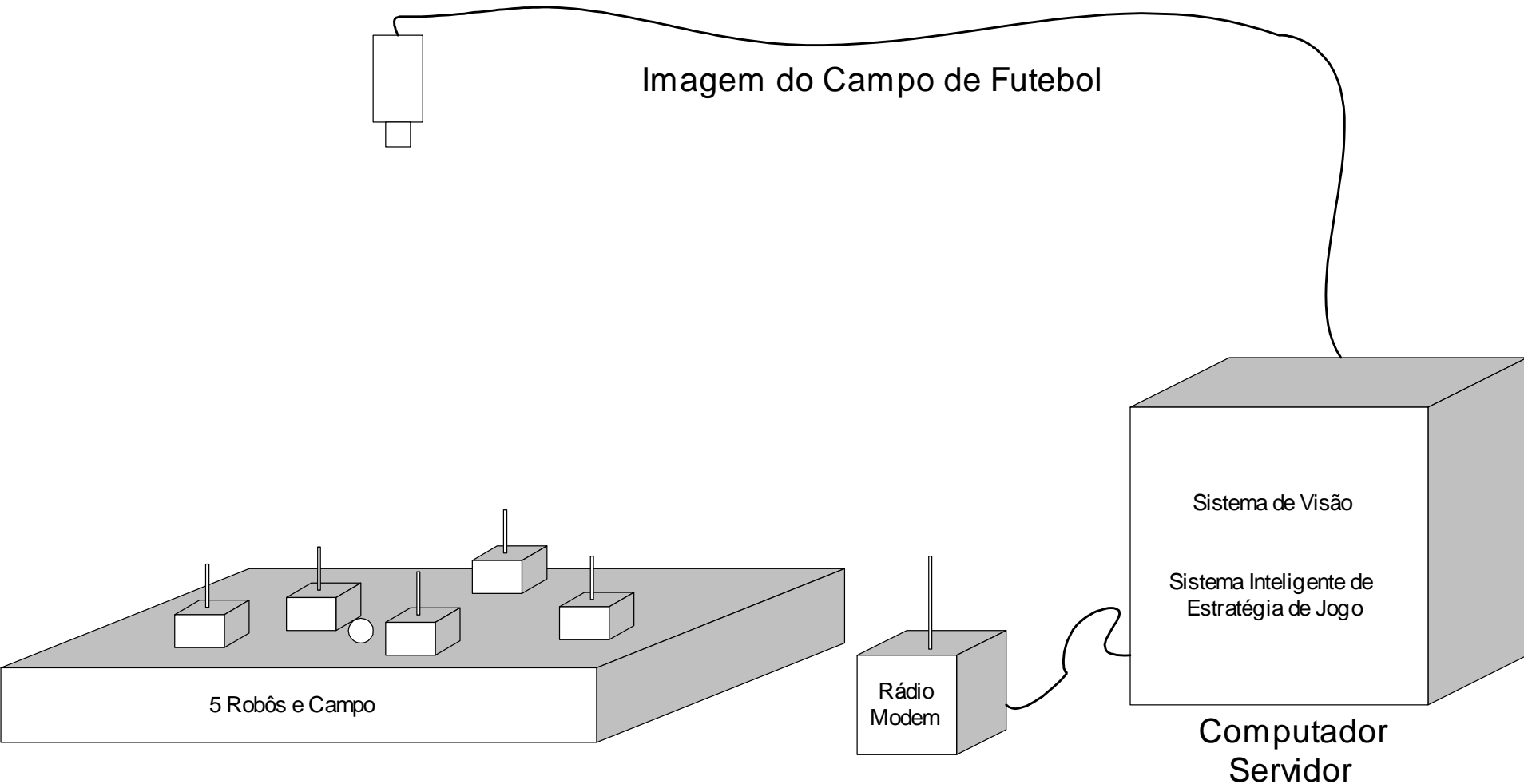
- **Analisar** a Situação Atual
- **Planejar** a estratégia de jogo
- **Controlar** cada robô do time

■ Diferentes Abordagens:

- Sistema de Decisão Baseado em Regras
- Sistema de Decisão Baseado em Regras com aprendizado por reforço
- Sistema Evolutivo
- Sistema de Agentes Autônomos distribuídos
- Rede Neural Artificial com treinamento por exemplos

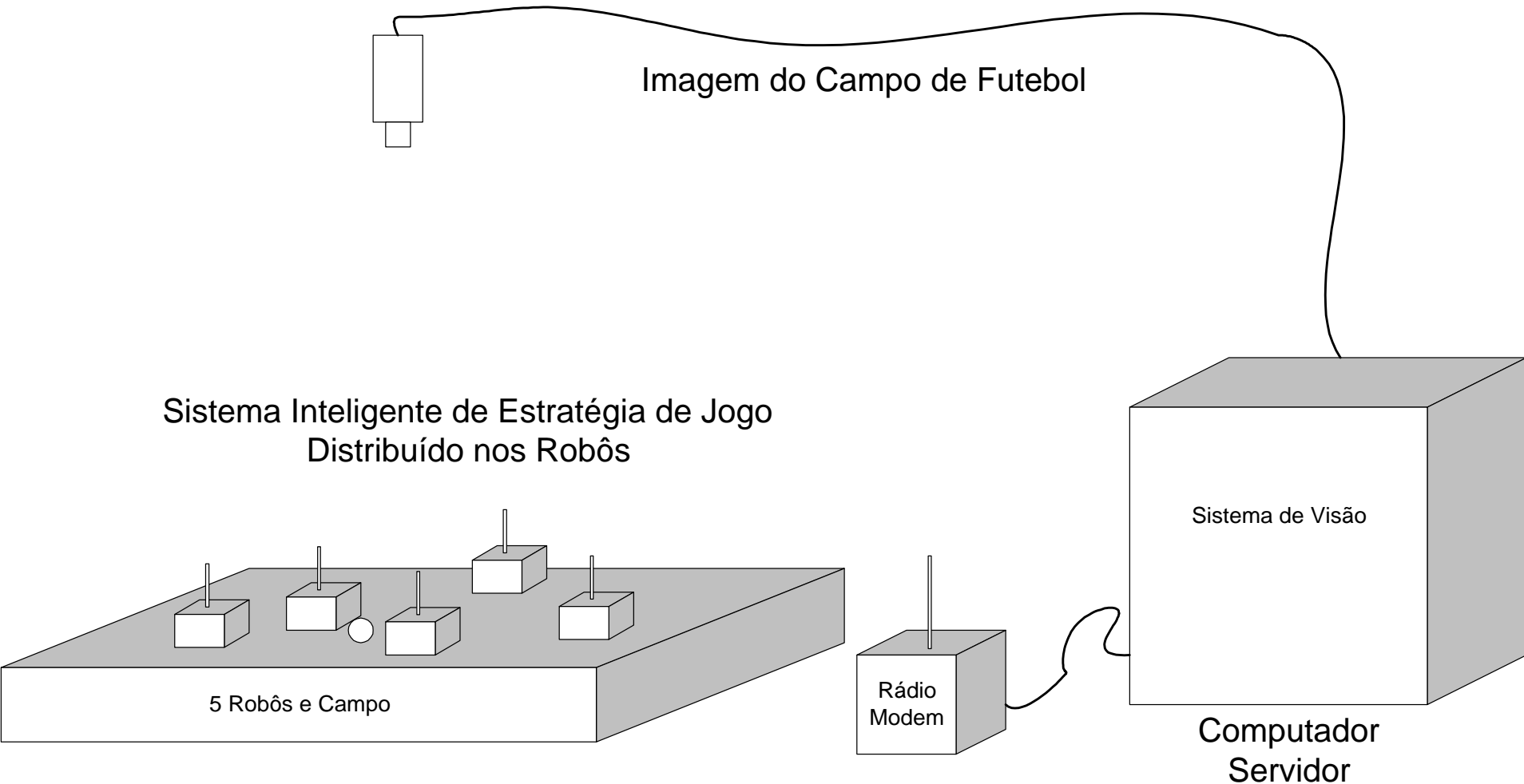
3.2- Futebol de Robôs: Estratégia de Jogo

■ Fase 1: Visão Global e Inteligência Centralizado



3.2- Futebol de Robôs: Estratégia de Jogo

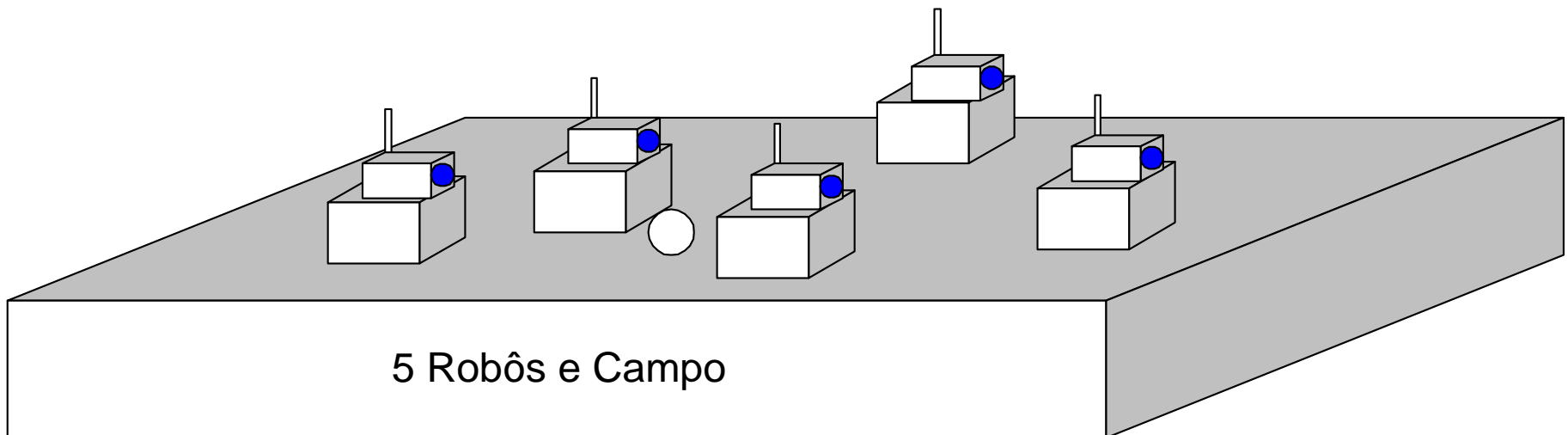
■ Fase 2: Visão Global e Inteligência Distribuída



3.2- Futebol de Robôs: Estratégia de Jogo

■ Fase 3: Visão e Inteligência Distribuída

Sistema de Visão e
Sistema Inteligente de Estratégia de Jogo
Distribuído nos Robôs



3.3- Futebol de Robôs: RoboCup

- “By the year 2050, develop a team of fully autonomous humanoid robots that can win against the human world soccer champion team”.
- RoboCup Soccer
 - Small Robot League (f-180)
 - Middle Size Robot League (f-2000)
 - Sony Legged Robot League
 - Humanoid League
- RoboCup Rescue
- RoboCup Junior

3.3- Futebol de Robôs: RoboCup

■ Small Robot League (f-180)

– Campo:

- 2,9m x 2,4m (cercado por muros);
- superfície verde, plana e dura (qualquer textura);
- marcações brancas da área, círculo central, etc.

– Bola de golfe laranja.

– Jogadores:

- mínimo 1; máximo 5;
- robôs claramente numerados;
- goleiro designado antes da partida;
- substituições ilimitadas.

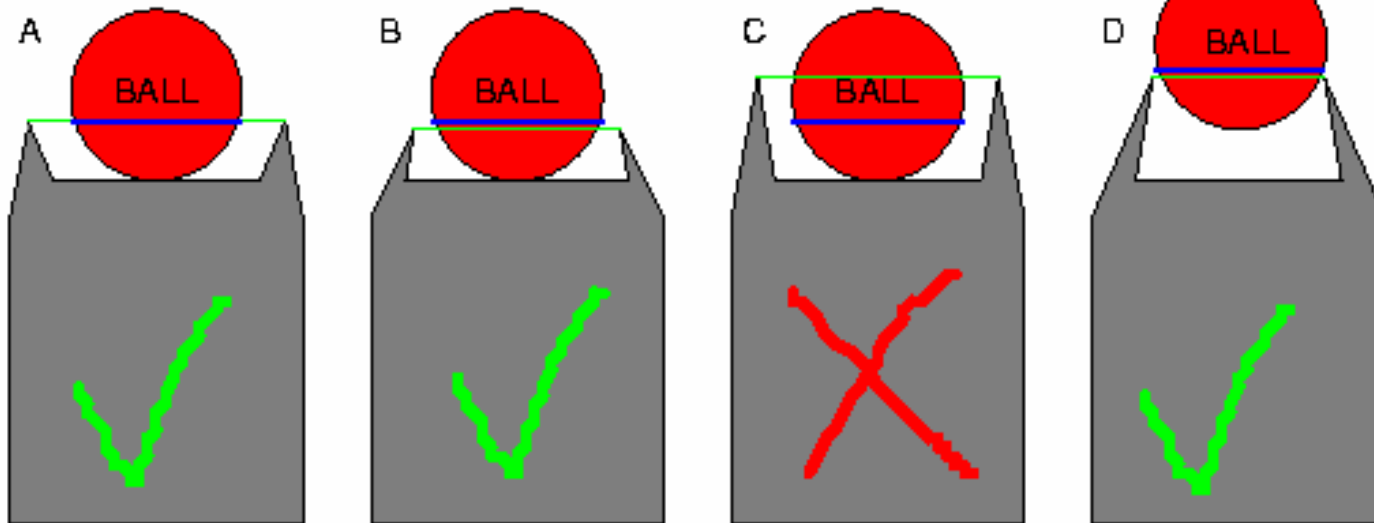
3.3- Futebol de Robôs: RoboCup

- Small Robot League (...continuação)
 - Intervenção humana somente para pênaltis, escanteios, etc;
 - Robôs:
 - até o tamanho de um cilindro de 180mm diâmetro;
 - identificação do time: amarelo ou azul (círculo 40mm);
 - identificação individual com outras cores;
 - 2 tempos de 10 minutos cada;
 - Comunicação sem fio com computadores.
 - Visão global externa local.
 - Permitido o uso de mecanismos de chute.
 - 80% da bola sempre deve estar livre;

3.3- Futebol de Robôs: RoboCup

- Small Robot League (...continuação)

Top View (X-Y plane)



3.3- Futebol de Robôs: RoboCup

■ Middle Size Robot League (f-2000)

- Tamanho dos robôs (projeção no chão):
 - posição “normal”: quadrado de 50cm;
 - com seus dispositivos ativos: quadrado de 60cm;
 - altura entre 30cm e 80cm.
- Peso máximo de 80Kg.
- Robôs podem alterar seu formato.
- 2/3 da bola devem ficar sempre desobstruídos.
- Não é permitida visão global ou qualquer outro tipo de sensor global.
- Tamanho do campo: 10m x 5m
- Tamanho do gol: 2m x 90cm
- Bola de Futsal;

3.3- Futebol de Robôs: RoboCup

- Sony Legged Robot League

- Campo: 2800mm x 1800mm
- Jogadores são os “cachorrinhos” da Sony;

- Humanoid League (em discussão)

- Robôs com duas pernas, dois braços, um corpo e uma cabeça;
- Competições:
 - ficar em pé com apenas uma perna por 1 minuto;
 - Humanoid Walk;
 - Pênaltis (com e sem goleiro);
- Jogo de futebol:
 - de 1 a 3 robôs por time;

3.4- Futebol de Robôs: FIRA

- Federation of International Robot-soccer Association
- “The main objective of FIRA is to take the spirit of science and technology to the laymen and the younger generation”.
- Categorias:
 - MiroSot;
 - NaroSot;
 - HuroSot;
 - KheperaSot;
 - SimuroSot.

3.4- Futebol de Robôs: FIRA MiroSot

- Micro Robot World Cup Soccer Tournament
 - times de 3 robôs;
 - 1 computador por time;
 - tamanho dos robôs: cubos de 7,5cm;
 - Small League:
 - campo: 150cm x 130cm;
 - gol de 40cm;
 - bola de golfe laranja.
 - 2 tempos de 5 minutos cada;
 - visão global permitida.
 - Middle League:
 - campo: 220cm x 180cm;

3.4- Futebol de Robôs: FIRA MiroSot

- Campeonato da FIRA em 2002 na categoria MiroSot



3.4- Futebol de Robôs: FIRA NaroSot

- Times de 5 robôs;
- Robôs de 4cm x 4cm x 5,5cm;
- Campo de 130cm x 90cm;
- Gol de 25cm;
- Bola de pingue-pongue laranja;

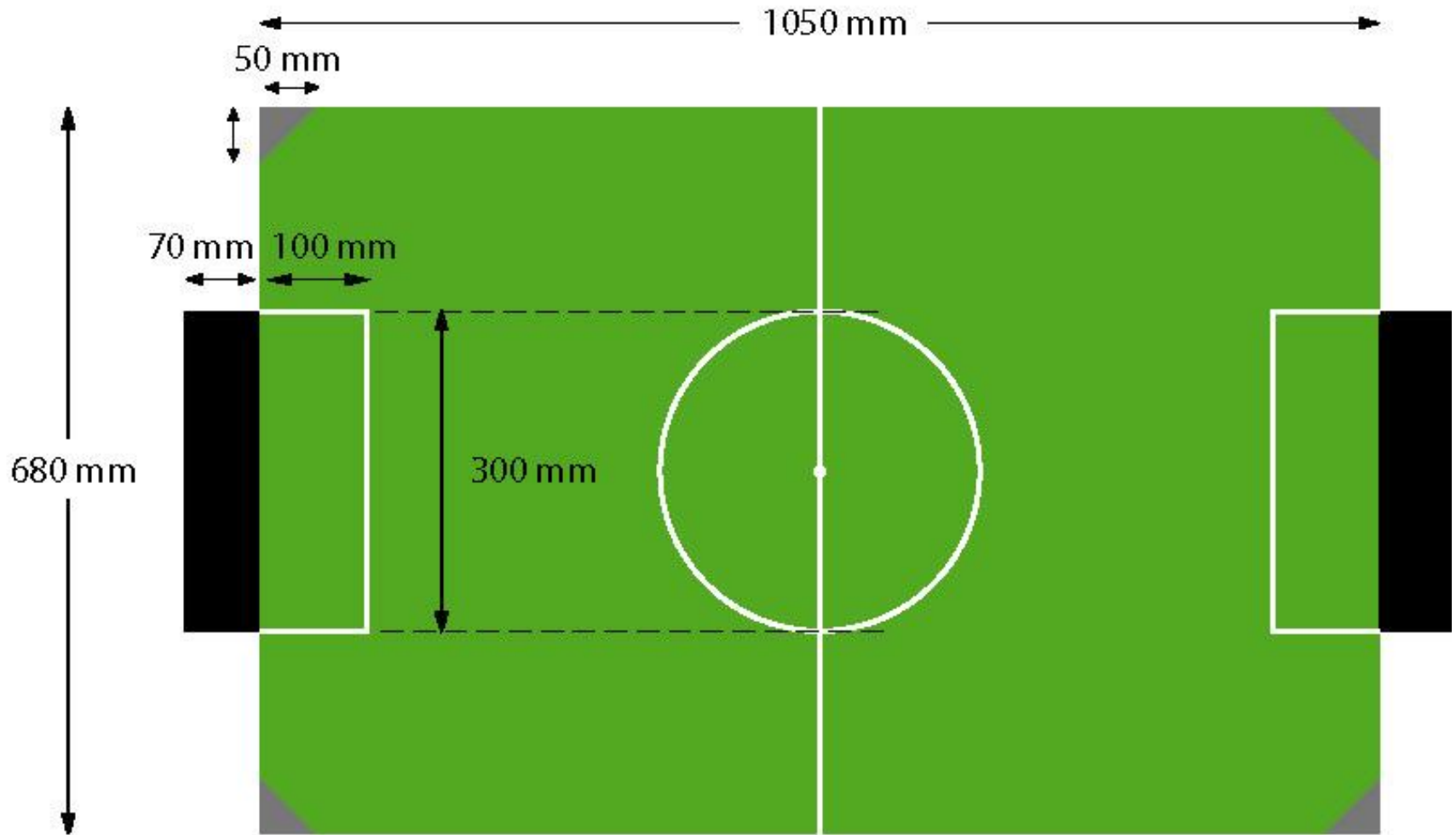
3.4- Futebol de Robôs: FIRA HuroSot

- Humanoid Robot World Cup Soccer Tournament
 - regras em discussão;
 - robô bípede: 40cm altura; 15cm diâmetro;

3.4- Futebol de Robôs: FIRA KheperaSot

- 2 times de 1 robô cada;
- robôs: cilindro com 60mm de diâmetro;
- visão “on board”;
- campo: 1050mm x 680mm;
- gol: 300mm largura; 150mm altura;
- bola de tênis amarela ou branca;
- sem comunicação;
- 5 tempos de no máximo 4 minutos;
- sem pausas ou substituições;

3.5- Futebol de Robôs: Estilo do Campo



3.6- Futebol de Robôs: Situação no Brasil

■ 1998

- Copa Brasil de Futebol de Robôs
- Escola Politécnica da USP
- preparo para a FIRA '98, na França
- times de 3 robôs e time de 1 único robô

■ 1999

- FIRA Robot World Cup Brazil
- Colégio Notre Dame (Campinas)

3.6- Futebol de Robôs: Situação no Brasil

■ Até 2002...

- Existiam alguns campeonatos regionais e, eventualmente, partidas amistosas.
- Não havia um ponto de referência ou organização que reunisse a comunidade.
- Não era realizado nenhum campeonato nacional periódico.
- Falta de comunicação entre equipes.

3.7- Futebol de Robôs: CBF-R

- Comissão Brasileira de Futebol de Robôs
 - A partir de Setembro de 2002
 - Reunir a comunidade no Brasil
 - Lista de Discussão:
 - CBFR-1@sbc.org.br
 - <http://pet.inf.ufrgs.br/cbfr>
 - realizar troca de idéias;
 - organizar campeonato nacional;
 - discutir as regras;
 - **Adesão da comunidade acadêmica é da maior importância!!!**

3.7- Futebol de Robôs: CBF-R

■ Campeonato Nacional

– <http://ewh.ieee.org/reg/9/robotica/2ndRobotContest/>

– 1a edição do Campeonato Nacional da CBF-R no IEEE
LATIN AMERICAN CONTEST FOR ROBOTICS

- A ser realizado em Bauru, de 17 a 19 de setembro, junto ao VI Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente;
- 1. Beginners ‘Lego’ Competition
- 2. Advanced Competition
- 3. Robot Soccer 1 (close to MIROSOT league from FIRA)
- 4. Robot Soccer 2 (close to F-180 league from Robocup)
- 5. Robot Soccer Simulation (Simulation League Robocup)

4- Conclusão

4- Conclusão

- A Computação Evolutiva pode contribuir muito com a Robótica
 - Evolução Contínua X Busca de Solução
 - Produz soluções aceitáveis para problemas de navegação e desvio de obstáculos
 - Possibilita auto-programação de sistemas complexos
 - Construção de 40 robôs móveis autônomos
 - Construção de dois times de futebol contendo 5 robôs
 - Disciplina de Pós-Graduação p/ próximo semestre:
SCE5828 – Metodologias Avançadas para Projeto de Hardware

FIM

Cópia das transparências e referências bibliográficas podem ser obtidas no site:

<http://www.icmc.usp.br/~simoese/seminars>

email: simoese@icmc.usp.br