

# **Construção de Robôs Jogadores de Futebol**

**Wânderson de Oliveira Assis**

Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Instrumentação, Automação e Controle

**Alessandra Dutra Coelho, Marcelo Marques Gomes,**

**Cláudio Guércio Labate, Daniel Franklin Calasso,**

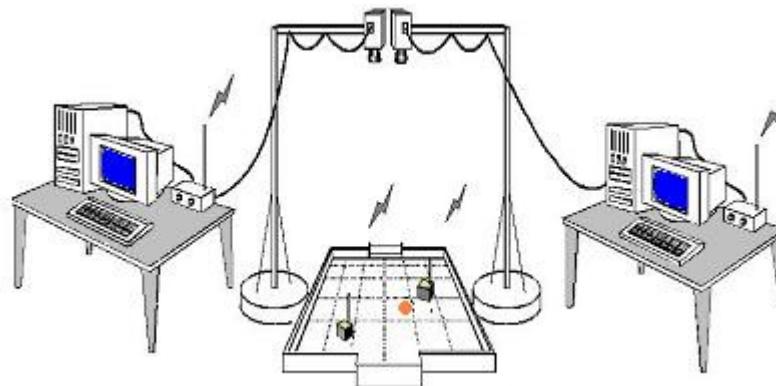
**João Carlos Gonçalves Conde Filho, Fábio de Almeida Guimarães**

Escola de Engenharia Mauá – Instituto Mauá de Tecnologia (IMT)

Praça Mauá, 1 – CEP: 09580-900 – São Caetano do Sul – SP - Brasil

## **1. Introdução**

Desde 1997, pesquisadores de diferentes países têm disputado a copa do mundo de futebol de robôs (*RoboCup*). O princípio de funcionamento do futebol de robôs é simples, conforme ilustrado na Figura 1.



*Figura 1 - Estrutura do Futebol de Robôs*

- Existe uma câmera posicionada acima do campo que coleta imagens do jogo. Essas imagens são enviadas a um computador que identifica a posição dos robôs (inclusive a dos robôs adversários) e da bolinha (que deve ser uma bola de golfe laranja);
- as posições dos robôs e da bola são enviadas a um programa de estratégia que decide sozinho qual a atitude que cada um dos robôs deve tomar;

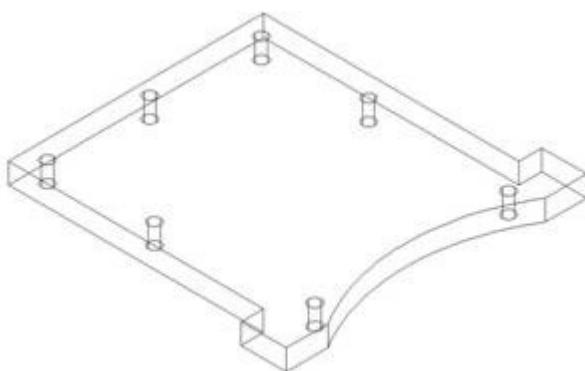
- a estratégia é transmitida aos robôs por um sistema de transmissão de radiofrequência similar ao dos utilizados em aeromodelos;
- os robôs são formados por um sistema receptor que converte as ondas de rádio em impulsos elétricos para os motores que impulsionam os robôs. Os robôs ainda podem ter um sistema de chute.

Este artigo pretende demonstrar um simples projeto de construção de robôs jogadores de futebol adotado na construção dos robôs da Escola de Engenharia Mauá. Estes robôs participaram da IV Competição Latino-Americana de Robótica para Estudantes – IEEE em setembro de 2005.

## **2. Construção dos Robôs**

A categoria para pequenos robôs da FIRA (*Federation of International Robot-soccer Association*), estabelece que os jogos são disputados entre dois times, cada qual composto por três robôs com dimensões máximas de 75mm x 75mm x 75mm.

A estrutura dos robôs, além de ser responsável pela rigidez, deve prever alojamentos para os componentes. Como as dimensões são pequenas, precisa-se utilizar materiais leves e ao mesmo tempo resistentes para suportar pequenas colisões. A Figura 2 apresenta o desenho, em *Microstation*, da base inferior da estrutura dos robôs, que apresenta dimensões limitadas a 75 mm x 75 mm. Um “chanfro” na região frontal da estrutura pode ser utilizado para permitir “encaixar” parte da bola. Dois suportes de fixação para os motores foram desenvolvidos conforme ilustrado na Figura 3.



*Figura 2 – Modelo de Base da Estrutura de Sustentação dos Robôs*

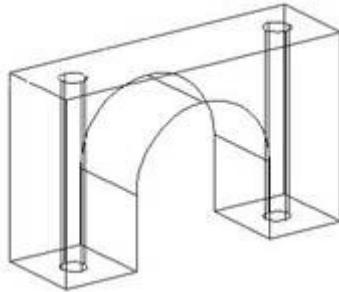


Figura 3 – Suporte para o Motor

A estrutura foi usinada por máquina CNC, utilizando-se material de composto plástico, *CIBA – TOOL* que, após testes de resistência à tração e compressão, apresentou resultados muito bons, resistente a quedas e colisões sem lascar, boa absorção de impacto e peso muito baixo (Figura 4).

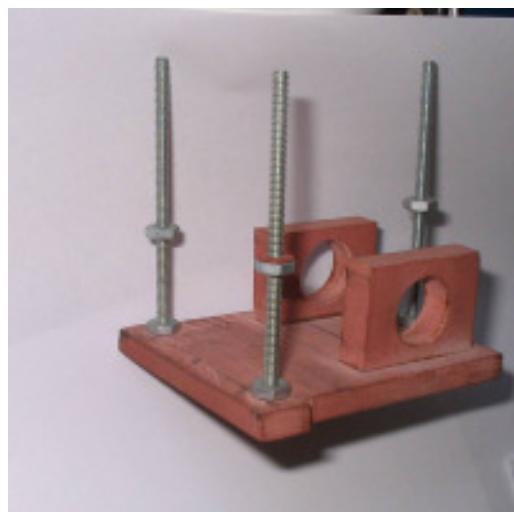


Figura 4 – Estrutura de Sustentação do Robô com Suporte para Motores

A capa protetora dos robôs também precisa ser forte o suficiente para sofrer colisões com os oponentes, mas ao mesmo tempo deve ser leve e fácil de ser retirada para manutenção. Foram desenvolvidas capas de vários modelos, construídas com os seguintes materiais: fenolite, PET (Tereftalato de Etileno), ou material plástico (Figura 5). O *design* gráfico é obtido com o uso de material adesivo.



(a)



(b)

Figura 5 – Modelos de Capas para Robôs Jogadores de Futebol

(a) Capa de fenolite com design gráfico por meio de papel adesivo.

(b) Capas de fenolite com design gráfico e PET.

Na região superior dos robôs são colocados papéis adesivos com duas cores de sinalização. As cores são utilizadas pelo sistema de visão computacional para identificar a cor padronizada do time e a cor individual de cada robô.

As rodas dos robôs foram fabricadas de *Nylon* que é um material leve, resistente e fácil de ser usinado. Um *O-ring* de borracha atua como um pneu para evitar que elas patinem no campo.

Outras alternativas mais simples e baratas podem ser utilizadas; por exemplo, rodas de pequenos brinquedos infantis (bicicletas, motos, carrinhos).

### 3. Sistema de Movimentação

O controle da movimentação dos robôs é conseguido por servomotores DC. Foram utilizados *minimotors* fabricados pela *Falhauber*, modelo 1516E012S (Figura 6). Esse modelo é controlado por uma tensão contínua de, no máximo, 12V, com uma redução interna de 11,8:1 o que resulta numa rotação de aproximadamente 800rpm e com um torque de 7mN.m em sua tensão nominal.



*Figura 6 – Servomotor DC*

O controle de direção dos servomotores permite a movimentação para frente, para trás e para os lados.

#### **4. Sistema de Transmissão RF**

O principal objetivo do futebol de robôs é o de efetuar de forma autônoma o controle dos robôs para desenvolver uma estratégia de jogo. Para isso, o computador deve monitorar continuamente a imagem captada do campo, dos jogadores e da bola e, com base na localização de cada um dos elementos, deve enviar os sinais de controle para comandar cada um dos robôs da equipe. É então necessário desenvolver um sistema de comunicação por radiofrequência (RF), por meio do qual o computador envia as mensagens e estas podem ser recebidas no robô.

O sistema de transmissão RF executa as seguintes funções:

- recebe os comandos enviados pela porta serial do computador e converte os níveis de tensão (RS232) para níveis apropriados para o transmissor de RF. Utiliza-se, para isso, um circuito conversor RS232/TTL (circuito integrado MAX232 ou equivalente);

- um circuito transmissor RF recebe os dados vindos do MAX232 e envia-os para os robôs por meio de uma antena. Foi utilizado o módulo RT4 da Telecontrolli de 433,92 MHz. O módulo permite a transferência serial do dado em velocidades da ordem de 2Kb/s. O projetista pode escolher outros modelos, dependendo da velocidade de transmissão desejada e da disponibilidade de recursos para investir no projeto. Existe uma infinidade de módulos disponíveis no mercado. Entre eles, podemos citar, além da Telecontrolli, módulos da RFM e Radiometrix, todos já utilizados por equipes de futebol de robôs.

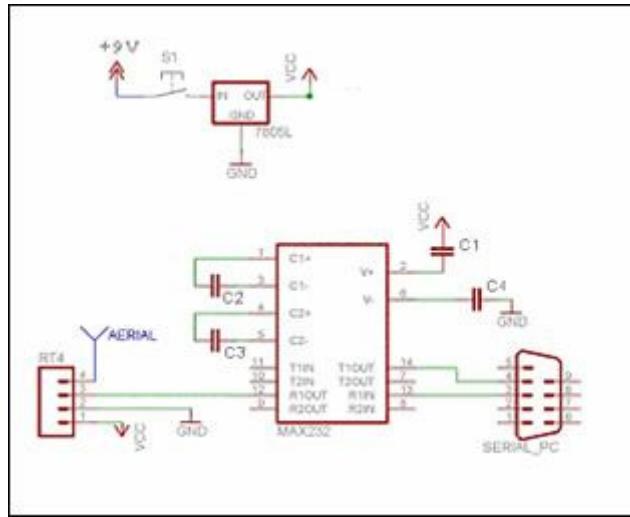


Figura 7 – Circuito de Transmissão RF

Na Figura 7 apresenta-se o circuito eletrônico de transmissão com o uso do módulo da Telecontrolli. No circuito foram utilizados os seguintes componentes:

Componentes	Códigos / Fabricantes	Valores
RS232 Transiever	MAX232 / Maxim	-
Transmissor	RT4 / Telecontrolli	433,92MHz
Capacitor (Eletrolítico)	C1, C2, C3 e C4	1µF
Regulador de Tensão	7805L	-

Na Figura 8 apresenta-se o projeto do circuito de transmissão sobre uma placa de circuito impresso introduzida numa caixa fechada que permite conexão direta com a porta serial e alimentação externa por meio de fonte de 9 V.

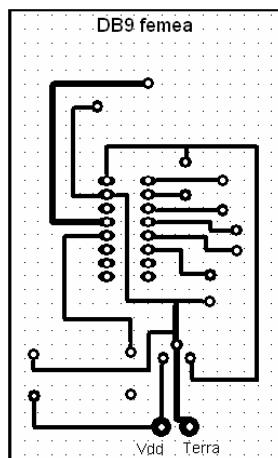


Figura 8 – Projeto do Circuito de Transmissão RF

## 5. Circuito Eletrônico do Robô

O circuito eletrônico do robô apresenta os seguintes componentes:

- sistema de recepção RF com módulo RR3 da Telecontrolli. Este módulo recebe o sinal serial pela antena e envia essas informações de forma serial para um microcontrolador;
- um microcontrolador (PIC16F628) recebe o sinal serial e manipula os dados recebidos para identificar cada pacote de dados recebido;
- após a identificação, o microcontrolador é programado para enviar sinais de controle para um módulo de potência (circuito integrado L298N) afim de definir a direção de acionamento e ajustar a velocidade de cada motor;
- o módulo de potência (circuito integrado L298N) consiste basicamente de uma ponte H que permite não só o comando simultâneo de dois motores por meio de sinais PWM (permite, portanto, controlar a velocidade do motor) mas também a amplificação do sinal enviado pelo microcontrolador.

Na programação do microcontrolador PIC (da Microchip) foi utilizado o módulo programável da UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*). Ele permite trabalhar com um protocolo de comunicação serial, faz a recepção dos dados seriais e transmite para um registrador interno. Para transmitir todas as informações necessárias para locomover os robôs, foram definidos “pacotes” de 8 bits. Todos os robôs recebem o mesmo dado. Criam-se “máscaras” para que cada robô “compreenda” suas instruções e ignore as que não são destinadas a ele.

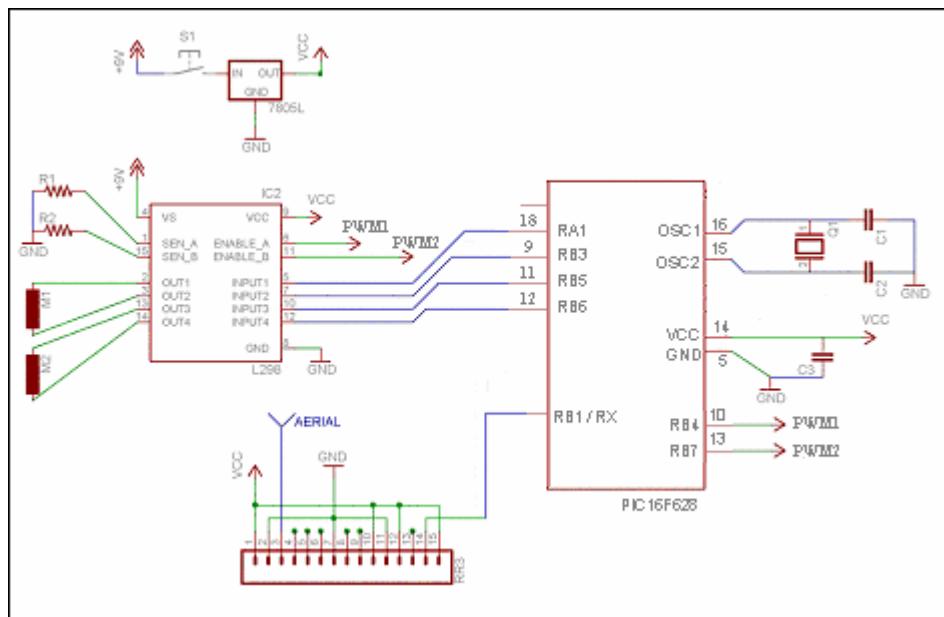
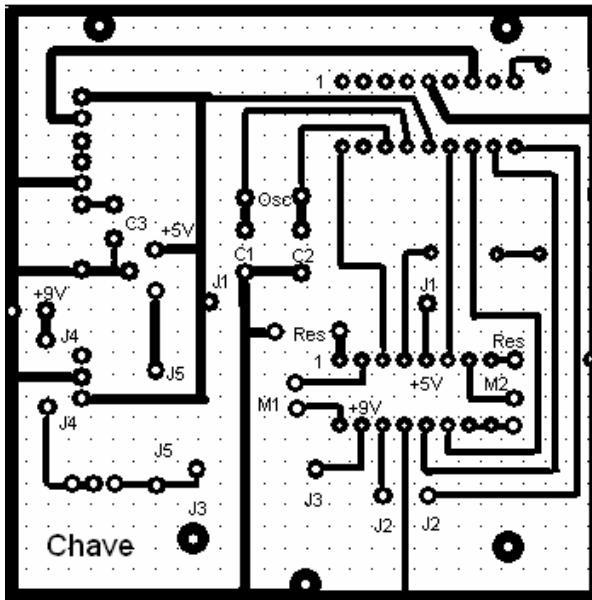


Figura 9 – Circuitos Eletrônicos dos Robôs

Na Figura 9 representam-se os circuitos eletrônicos dos robôs incluindo-se o módulo da Telecontrolli, antena de 50 Ω, microcontrolador PIC16F628, circuito integrado L298N (*Dual Full Bridge Driver* – Modelo Multiwatt15 de 15 pinos), etc. Foram utilizados os seguintes componentes:

Componentes	Códigos / Fabricantes	Valores
Microcontrolador	PIC 16F628 / Microchip	-
Ponte H (Driver)	L298N / St Microelectronics	-
Receptor	RR3 / Telecontrolli	433,92MHz
Cristal (Xtal)	Q1	4MHz
Capacitor (Cerâmico)	C1 e C2	33µF
Capacitor (Cerâmico)	C3	100nF
Resistor	R1 e R2	27Ω
Regulador de Tensão	7805L	-
Chave	H-H	-
Motores DC	M1 e M2 - 1516E012S / Faulhaber	-

Na Figura 10 apresenta-se o projeto do circuito do robô. Uma chave foi utilizada para ligar e desligar o circuito de alimentação. A alimentação consiste de baterias comuns de 9V.



*Figura 10 – Projeto do Circuito dos Robôs*

Um regulador de tensão (7805L) foi utilizado para, nos circuitos dos robôs e do transmissor para ajustar a tensão em 5V para a alimentação dos componentes eletrônicos.

A taxa de transferência utilizada entre o computador e os jogadores foi de 2400bps, taxa relativamente reduzida, limitada pelas características dos componentes, mas suficiente para a aplicação.

## 7 – Considerações Finais

Neste artigo foi apresentada uma alternativa simples e relativamente barata para a construção de robôs jogadores de futebol. Os robôs desenvolvidos pela equipe da Escola de Engenharia Mauá com base nesta proposta estão apresentados na Figura 11. Na Figura 12 mostram-se os robôs com e sem a capa. Exibe-se, também, a estrutura interna após a introdução dos circuitos eletrônicos e motores.

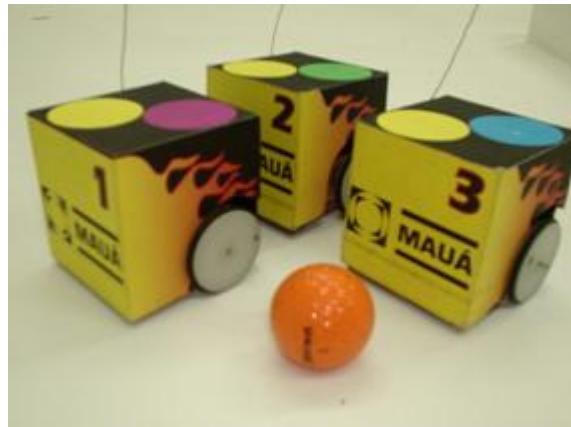


Figura 11 – Equipe de Futebol de Robôs da Mauá

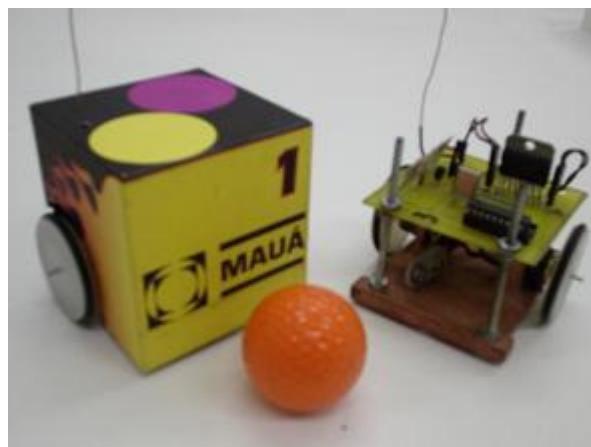


Figura 11 – Estrutura Interna e Externa de Robôs da Escola de Engenharia Mauá

Várias modificações podem ser instituídas para se obterem robôs que apresentam melhor desempenho ou características específicas. Fica a critério do projetista a escolha de novos componentes (motores, microcontroladores, transmissores/receptores de RF, baterias etc.) e a modificação da estrutura construtiva do robô (carcaça, rodas etc.). Não há limite para a criatividade no projeto dos robôs, contudo o projetista deve ficar atento, pois se o objetivo for o de participar de competições de robótica, as regras específicas devem ser verificadas. Por exemplo, para a Competição Brasileira e Latino-Americana de *Robot Soccer* do IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), as regras são determinadas pela FIRA: <http://www.larc.dee.ufma.br/CategoriasRegras.htm>.

Para o futebol de robôs, a construção deles, conforme se apresentou neste artigo é apenas uma das etapas. Várias outras áreas de pesquisa estão envolvidas e várias ferramentas devem ainda ser desenvolvidas:

- um sistema de visão computacional;

- um algoritmo de estratégia para controle dos robôs;
- um protocolo de comunicação a ser utilizado na comunicação serial, para garantir uma transmissão eficiente e com qualidade;
- programação dos microcontroladores a fim de identificar o significado das informações recebidas e produzir sinal de controle (PWM) para acionar os motores.

O projeto deve apresentar uma evolução constante, que não só permita cada vez mais a avaliação de novas tecnologias mas também desenvolva novos algoritmos de controle, além de permitir o incentivo ao aprendizado dos alunos.