

# DESENVOLVIMENTO DE ROBÔ MENSAGEIRO AUTÔNOMO

ERICK PFEIFER<sup>1</sup>, ALONSO A. SIMÕES<sup>1</sup>, BRUNO A. BENANTE<sup>1</sup>, ISAIAS DA SILVA<sup>1</sup>, MAURO C. PEREIRA<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Mecatrônica e Mecânica – Centro de Ciências Exatas e da Terra  
Universidade Católica Dom Bosco – UCDB  
Av. Tamandaré, n° 6000 – Jd. Seminário  
Campo Grande – MS – Brasil

*erick.meca@gmail.com, alonso.simoes@hotmail.com,  
brunobenante@terra.com.br, isaiasds@cti.com.br, maurocp@gmail.com*

**Abstract**— This paper describes the implementation of an autonomous omnidirectional robot, capable of tracking, collecting and transporting objects in different sectors of a pre-defined competition arena. Therefore, a ring topology microcontroller network is used to integrate and interpret the acquired data brought from the sensory system with the robot acting parts. The object tracking is done through an image sensor, positioning is done by using quadrature encoders attached with the traction motors, and ultrasonic sensors are used to detect and avoid obstacles.

**Keywords**— Competitive Robotics, omnidirectional locomotion, microcontroller network.

**Resumo**— Este texto descreve a implementação de um robô autônomo omnidirecional capaz de rastrear, coletar e transportar objetos em ambientes variados de uma arena de competição pré-definida. Para tanto, é utilizada uma rede de microcontroladores em topologia estrela com intuito de fazer a integração e interpretação dos dados adquiridos pelo sistema de sensoriamento com os acionamentos mecânicos. O rastreamento dos objetos é feito por um sensor de imagem, o posicionamento é feito por meio de *encoders* acoplados aos motores de tração, utilizando-se sensores de ultra-som para detecção de obstáculos em caso de emergência.

**Palavras-chave**— Robótica competitiva, locomoção omnidirecional, rede de microcontroladores.

## 1 Introdução

Em décadas passadas, robôs eram apresentados somente por ficção científica ou pela imaginação humana. No início dos anos 60 os primeiros robôs foram construídos com o intuito de substituir tarefas de risco à vida humana, ou em casos de extremo esforço físico ou trabalhos repetitivos (Pasos, 2002).

Nos dias de hoje, os robôs estão ganhando seu espaço e se tornaram uma realidade muito próxima das pessoas. Robôs móveis autônomos podem ser usados em diferenciadas aplicações, como: mapeamento de resíduos tóxicos e pontos de risco (Hayes, 2002), aplicações aeroespaciais para exploração em ambientes hostis (Ambrose, 1995), inspeção remota em ambientes industriais para detecção de altas temperaturas e radiação (Monkman, 1993), detecção de bombas em zonas de conflito e limpeza de reatores nucleares (Wagner, 1999).

O desenvolvimento de um robô móvel autônomo não é uma simples tarefa porque envolve muito conhecimento em engenharia, principalmente nas áreas de mecânica, eletrônica, instrumentação, controle e automação (Rosário, 2005). A geração do trajeto e o desenvolvimento do controle estratégico para o robô executar uma seqüência de operações específica é muito complexa (Pedrosa, 2002).

Este texto apresenta os aspectos da construção de um robô autônomo para participação na V Competição IEEE Brasileira de Robôs – Categoria Livre.

Também são abordados aspectos relacionados à programação e aos obstáculos do desafio.

O desafio apresentado tem como objetivo a criação de um robô capaz de passar por um labirinto, subir por planos inclinados e atravessar uma região alagada, coletando objetos espalhados ao longo destas etapas.

A arena onde será realizada a tarefa é composta basicamente de quatro partes retangulares que formam uma área de 6,5m de comprimento e 1,5m de largura, cada parte contém uma etapa do desafio. Pode-se observar uma visão perspectiva da arena na figura 1.

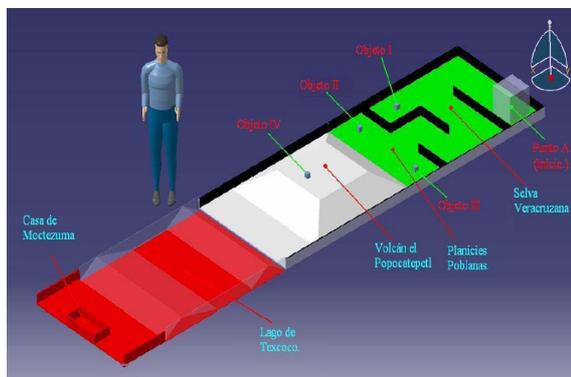


Figura 1. Perspectiva da arena.

Na primeira etapa (superfície verde, Figura 1), se encontra o labirinto, pelo qual o robô deve passar e coletar o primeiro objeto. A segunda etapa se encontra logo após o final do labirinto (superfície verde, Figura 1), onde devem ser coletados mais dois

objetos. A terceira e última etapa contém objetos a serem coletados (superfície branca, Figura 1), na qual o robô deve atravessar uma região de plano inclinado em 30° e coletar o objeto na superfície elevada. Após descer a rampa da terceira etapa, o robô deve se direcionar ao fim da arena, onde se encontra um recipiente no qual devem ser despejados os objetos, mas para isso ele deve atravessar uma região alagada de água, com 15cm de profundidade (superfície vermelha com paredes transparentes, Figura 1). Após o despejo dos objetos é finalizada a tarefa e a pontuação obtida se deve ao tempo de execução da tarefa e às faltas cometidas, como reiniciar a tarefa por defeito do robô.

Para completar a tarefa proposta com rapidez e eficiência são utilizadas estratégias que buscam simplificar e reduzir movimentos e operações sem perder precisão e coerência. A partir do desafio proposto, pode-se elencar as maiores dificuldades e as prioridades na execução da tarefa.

O desafio pode ser dividido nas etapas: labirinto, planície, planície elevada, região alagada e local de despejo. Cada etapa exige do robô diferentes habilidades, dentre elas destacam-se:

- Utilização de um sensor de imagem para rastrear objetos, encontrar a saída do labirinto e o local de entrega dos objetos;
- Um sistema de coleta de objetos suficientemente eficiente, conseguindo coletar objetos em locais de difícil acesso;
- Motores de tração suficientemente potentes para mover a massa do robô ao subir às planícies elevadas;
- Componentes isolados do meio externo, de tal forma que quando o robô passar pela região alagada não haja danificação de nenhum componente.

## 2 Configuração Mecânica

Para confeccionar o robô foram usinadas peças em acrílico, nylon e fibra de vidro (densidades 1,2 g/cm<sup>3</sup>, 1,15 g/cm<sup>3</sup> e 1,28 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente), por serem materiais resistentes, facilmente encontrados e facilmente usináveis, de baixo custo e leves.

O acrílico foi aplicado em peças que requerem curvatura e para acabamento, pois possui boa ductibilidade ao ser exposto ao calor e é transparente. O nylon foi utilizado em peças cilíndricas, devido sua fácil usinagem em máquinas ferramentas. A fibra de vidro foi empregada em peças de sustentação por ser o material de mais indicado para a aplicação tanto por fatores financeiros quanto de modelagem.

Cada peça foi produzida de modo a facilitar substituições no caso de rupturas ou possíveis modificações de projeto.

Com exceção do chassi e dos apoios, as peças são classificadas quanto à sua função: sistema de locomoção e o sistema de coleta e despejo. Nas Figuras 2 e 3 pode-se observar a estrutura do robô.

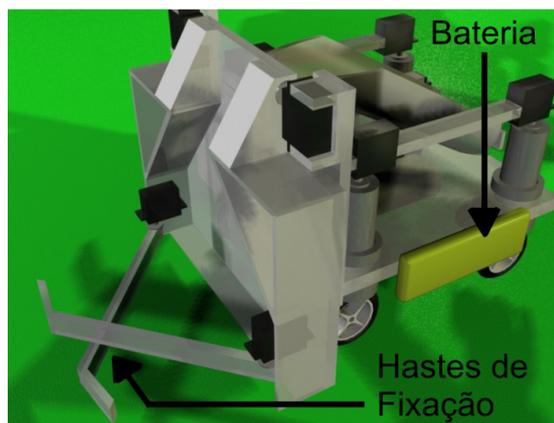


Figura 2. Vista lateral frontal do robô.

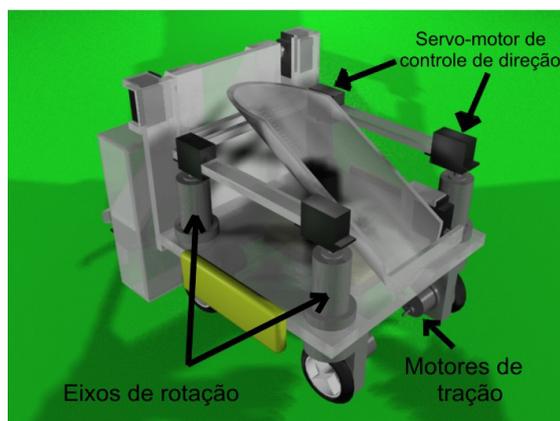


Figura 3. Vista lateral traseira do robô.

### 2.1 Sistema de Locomoção

Objetivando a implementação de locomoção omnidirecional, utilizou-se uma configuração na qual são rotacionados os eixos das rodas de tração do robô são localizadas, conforme Figura 4.

Quatro servo-motores (Futaba S3003) rotacionam os quatro eixos de tração, podendo modificar sua orientação. É possível também fazê-lo girar sobre seu próprio eixo, alinhando as rodas 45° para o interior do robô. Na Figura 4 as setas indicam como se comportam os eixos do robô.

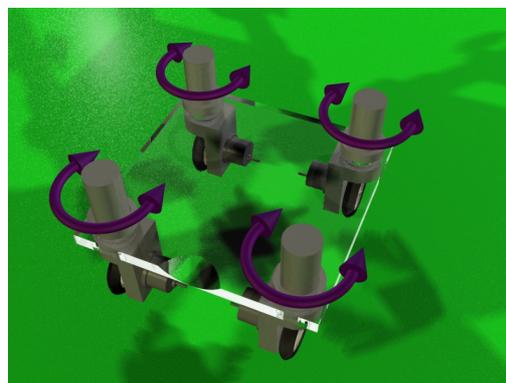


Figura 4. Sentidos de rotação dos eixos do robô.

Existem diversas configurações que permitem o robô realizar tanto curvas acentuadas quanto se deslocar suavemente para os lados. Todavia, é conveniente lembrar que esse movimento também está relacionado à potência consumida por cada motor.

A tração é dada por quatro motores CC (Corrente Contínua) com uma redução interna de 1:52, resultando em uma velocidade angular máxima de 160rpm a 7,2V.

## 2.2 Sistema de Coleta e Despejo

O sistema de coleta é constituído por uma base reclinável com 270° de movimento angular, contendo dois servos (Futaba S3003) em sua extremidade. Estes fazem o acionamento de duas hastes responsáveis pela aproximação e fixação do objeto na base. Posteriormente ela sofre a ação de outros dois servomotores de alto desempenho (Hitec HS-785HB), reclinando de 0° (perpendicular ao solo) até 130°, as hastes são liberadas deixando o objeto escorregar até um compartimento no interior do robô.

Depois de coletados todos os objetos, liberando uma trava acionada por um servo-motor o robô despeja os objetos fazendo-os escorreguem, graças ao desnível no compartimento e seu baixo atrito, até o local apropriado de armazenamento.

A Figura 5 ilustra os movimentos realizados pelo sistema de coleta.

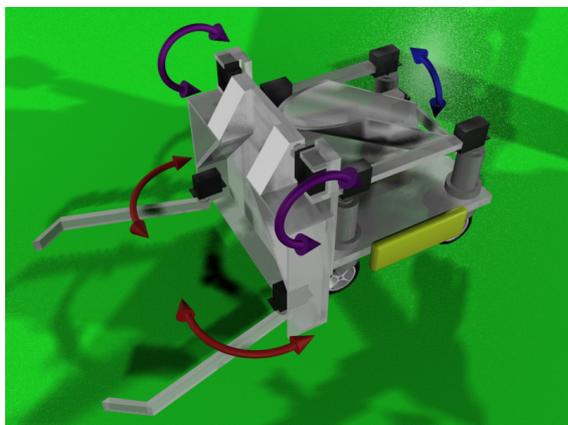


Figura 5. Movimentos do sistema de coleta.

## 3 Sistemas Eletrônicos

Foram implementados sistemas eletrônicos de automação, acionando sensores, atuadores e componentes em geral. Estes sistemas podem ser divididos basicamente em alimentação, sensoriamento, inteligência e atuação.

O sistema de alimentação encontra sua utilidade em energizar todos os componentes de todos os sistemas, incluindo os sensores e atuadores do robô. É constituído por quatro jogos de 10 baterias de NiMH recarregáveis, cada um fornecendo uma tensão de 12 volts e 2200 mAh de carga. Os quatro jogos são ligados em paralelo fazendo com que a carga resul-

tante seja de 8800 mAh. Reguladores de tensão, como o LM7805, também são necessários para garantir a correta alimentação de determinados componentes.

Para um correto acionamento dos atuadores do robô são necessários pequenos sistemas eletrônicos, que se diferenciam entre si conforme o tipo de atuador. Os circuitos para servo-motores somente necessitam de uma tensão de entrada regulada e um fusível para proteger o motor. Já os circuitos que acionam os motores CC requerem, além de regulador de tensão e fusível, a implementação de um *drive*, ou seja, uma ponte H de transistores que podem inverter o sentido da corrente no motor. Com isto pode-se obter uma inversão no sentido da rotação do eixo do motor. Os atuadores são os componentes que consomem mais energia.

O sistema eletrônico de sensoriamento, similarmente ao sistema dos atuadores, também se contrasta entre si conforme os tipos de sensores, são eles:

- Sensores de ultra-som: são utilizados como sensores de proximidade. Com os dados fornecidos por este instrumento, pode-se evitar colisões e estimar distância de objetos. O modelo utilizado, SRF04 Ranger - Ultrasonic Sensor, é alimentado com 5 V e os dados são enviados por um pino secundário;

- Encoders de quadratura: de suma importância para a navegação do robô, funcionam como odômetros e seu avanço é acompanhado utilizando um pino secundário do sensor. Os encoders selecionados para o robô são pré-instalados aos motores de tração;

- Sensor de imagem: de simples instalação, possui pinos para conexão da entrada de energia e dados, não necessitando de circuitos auxiliares para correto funcionamento. O modelo selecionado (C328-7640 JPEG Compression VGA Camera Module) captura imagens do ambiente e as envia por meio de comunicação serial (RS-232). Podem ser definidos vários tipos de codificação de imagem e resoluções, para a aplicação, definiu-se as características das imagens como: RGB e resolução de 80x60 pixels.

Os circuitos eletrônicos de “inteligência” utilizam microcontroladores (MCUs - *Microcontrolled Units*) PIC (*Peripheral Interface Controller*) do fabricante *Microchip Inc.*. Para controlar e monitorar os sensores e atuadores são utilizados MCUs PIC16F84. Um dsPIC30F4011, MCU controlador de sinais, realiza o processamento de imagens recebidas. Pode-se considerar que eles formam uma rede de MCUs em topologia estrela na qual o dsPIC é o mestre da rede. A Figura 6 mostra um diagrama simplificado da rede de MCUs e o que cada um comanda.

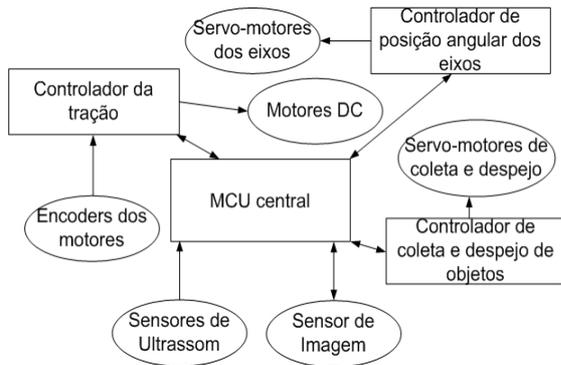


Figura 6. Diagrama da rede de MCUs.

#### 4 Estratégia e Programação

Para completar a tarefa da forma esperada, segue-se um algoritmo que tem o objetivo de percorrer toda a arena e coletar todos os objetos encontrados na arena, levando-os para a área de despejo. Pode-se observar o fluxograma simplificado do algoritmo na Figura 7.

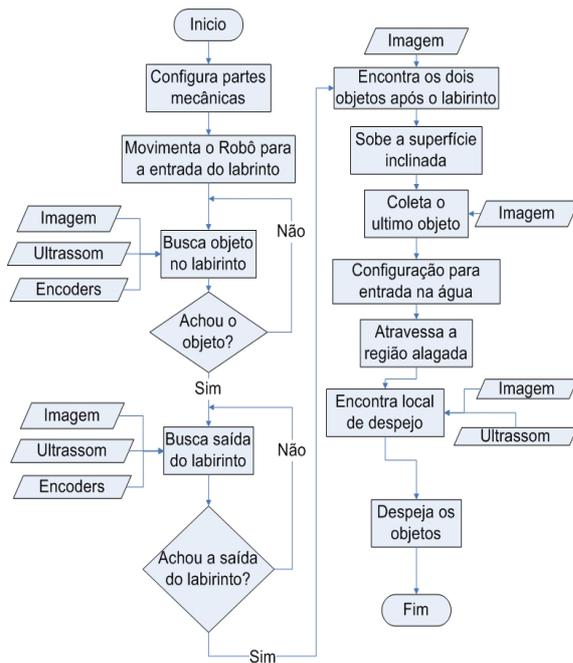


Figura 7. Fluxograma.

Para implementar esse algoritmo aos MCUs do robô é utilizado um IDE (*Integrated Development Environment* – Ambiente de Desenvolvimento Integrado) de programação de MCUs PIC e dsPIC em linguagem C/C++, o MikroC IDE, da mikroElektronika Corp..

#### 5 Considerações Finais

O projeto de um robô autônomo é uma tarefa complexa. O processamento de imagens é intrincado devido às variações de claridade do local, que interferem nas imagens capturadas. A programação do robô para detecção dos objetos e navegação de forma precisa soma diversos testes e ajustes para a obtenção de um resultado positivo.

Houve a possibilidade da utilização de IDEs com compiladores em linguagem *Assembly*, porém, como o algoritmo é muito extenso, a utilização das linguagens C/C++ tornou-se mais interessante.

É importante ressaltar o quanto as competições e desafios de robótica incentivam a pesquisa e desenvolvimento, fomentando as pesquisas de forma muito positiva e contribuindo com a formação de engenheiros, graças aos aprimoramentos dos conceitos multidisciplinares, incluindo mecânica geral, ciência dos materiais, eletrônica analógica e digital, microcontroladores, controle e servomecanismos, lógica e programação adquiridos com os projetos, bem como o uso de várias ferramentas como AutoCAD, 3DStudio e simuladores eletrônicos (EWB, PSPice).

#### Referências Bibliográficas

Pasos, F. (2002). *Automação de Sistemas & Robótica*. Axcel Books do Brasil Editora Ltda.

Hayes, A. T., Martinoli, A., Goodman, R. M. (2002). Distributed Odor Source Localization. *IEEE Sensor Journal*, Vol. II, No. 3.

Ambrose, R., Askew, R. S. (1995). An Experimental Investigation of Actuators for Space Robots. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 2625 – 2630.

Monkman G. L., Taylor R. D. (1993). Thermal Tactile Sensing. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol. IX, No. 3.

Wagner, L. A. Lindenbaum, M., Bruckstein, A. M. (1999). Distributed Covering by Ant-Robots Using Evaporating Traces. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol XV, No. 5.

Rosário, J. M. (2005). *Princípios da Mecatrônica*. São Paulo: Prentice-Hall.

Pedrosa, D. P. F., Medeiros, A. A. D., Alsina, P. J. (2002). Geração de Caminhos Ponto-a-Ponto para Robôs Móveis com Rodas. *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Automática*.