



## DESENVOLVIMENTO DE UM ROBÔ AUTÔNOMO PARA COMPETIÇÕES DE SUMÔ ROBÓTICO

**Gabriel N. Niederauer**

Acadêmico do curso de Engenharia de Controle e Automação da UFSM

gnniederauer@gmail.com

**João P. S. Cipriani**

Acadêmico do curso de Eng. Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria

jpcipriani@gmail.com

**Diego O. Carrilho**

Membro do Núcleo de Educação a Distância do Colégio Técnico Industrial de Santa Maria

carrilho@ctism.ufsm.br

**Resumo.** Este trabalho apresenta o processo multidisciplinar de desenvolvimento de um robô autônomo para participação em competições de robótica. O robô utiliza um conjunto de cinco sensores infravermelhos para identificação de oponentes e realização dos objetivos propostos de acordo com as regras da competição.

**Palavras-chave:** Robótica. Ensino. Multidisciplinar.

### 1. INTRODUÇÃO

A área da robótica evolui continuamente e mostra-se cada vez mais relevante no cenário tecnológico nacional. A capacidade de robôs autônomos substituírem o trabalho humano em atividades degradantes ou de risco justifica o grande investimento na formação de profissionais especializados na área de automação.

Assim, competições que fomentem o desenvolvimento da robótica tem grande importância tanto para a formação dos futuros profissionais que trabalharão nessas áreas como para estimular novos estudantes a se interessarem pelo assunto.

Assim, este trabalho apresenta o processo multidisciplinar de desenvolvimento da eletrônica, programação

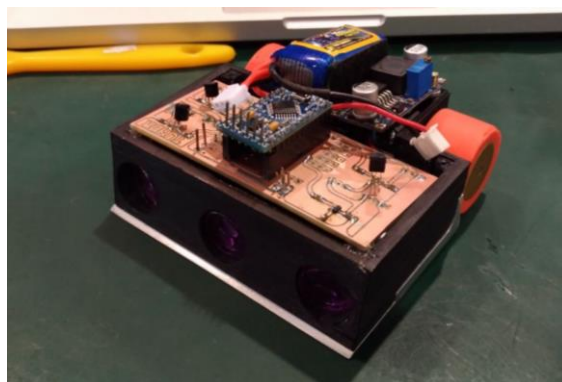


Figura 1 – Estrutura e eletrônica apresentados

e confecção mecânica de um robô autônomo, mostrado na Fig. 1, para participação em competições de sumô.

O robô é desenvolvido com referências nas regras descritas em *Robocore* [1]. Sendo um sistema embarcado, o robô de sumô tem como objetivo encontrar o seu oponente dentro de uma arena circular preta com bordas brancas e, em seguida, empurrá-lo para fora da mesma. Enquanto realiza esse objetivo, o próprio robô não pode ultrapassar os limites da arena, caindo antes do adversário. Cinco sensores digitais infravermelhos de dois modelos distintos, permitem a realização desses objetivos. Três dos sensores identificam a localização do oponente, para o qual o robô deve se direcionar, enquanto outros dois sensores trabalham com a identificação da linha de borda da pista, que não pode ser cruzada.

Um algoritmo é implementado em microcontrolador para lidar com as informações adquiridas pelos sensores e gerar sinais de controle que definem a velocidade e direção de dois motores DC. A placa eletrônica que controla os motores foi confeccionada em fresadora CNC. O corpo do robô foi projetado em CAD e construído com peças depositadas por impressão 3D e chassis de alumínio fresados em CNC.

O robô desenvolvido participou de três eventos de robótica nacionais, conseguindo segundo lugar na Primeira Copa Serrana de Robótica, em Petrópolis - RJ.

## 2. A COMPETIÇÃO

A competição de sumô robótico é inspirada nas tradicionais competições japonesas de sumô, esporte no qual dois oponentes têm como objetivo empurrar um ao outro para fora de uma área circular, chamada *dohyo*. A adaptação da competição para robôs também envolve uma arena circular cercada por uma linha branca, cuja área depende do tamanho dos robôs participantes.

A arena dessa categoria é um círculo preto de madeira, com diâmetro de 75 cm, cercado por uma linha branca de 2 cm de espessura, conforme Fig. 2.

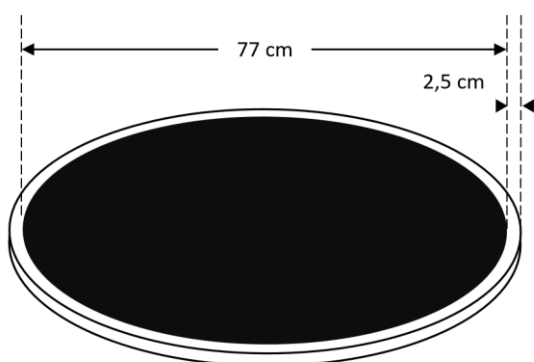


Figura 2 – O *dohyo*, área da competição

O robô apresentado nesse trabalho entra na categoria de dimensões máximas de 10 x 10 cm e massa de 500 g, sendo considerado um *mini sumô*. Os combates são divididos em três partes, com tempo máximo de três

minutos. O participante que sair da área delimitada nesse tempo, seja empurrado pelo oponente ou sozinho, perde um ponto. Uma vez iniciado o combate, os robôs devem realizar seus objetivos de maneira totalmente autônoma. O primeiro robô a perder 2 pontos perde o combate e não avança para a próxima fase.

Visando o bom funcionamento dos robôs participantes, um robô não pode ser construído de maneira a danificar o oponente, devendo apenas empurrá-lo para fora da arena [1].

## 3. FUNCIONAMENTO BÁSICO

Com o objetivo de estimar a posição do adversário e empurrá-lo sem sair da arena, alguns sistemas básicos devem ser implementados, como o sensoriamento de oponente, a locomoção do robô e a detecção das linhas brancas que delimitam a pista. Além disso, o robô demanda de uma fonte de alimentação e de uma placa central que processe as informações dos sensores e controle os motores.

Nas próximas seções, são descritas em detalhe as funções e o projeto do robô. O algoritmo proposto realiza as funções descritas em cada seção, na ordem de prioridade em que são apresentadas.

### 3.1 Sensoriamento de Oponente

Existem vários tipos de tecnologias de sensores que permitem a identificação do oponente nas competições, como sensores indutivos, capacitivos, infravermelhos, ou até mesmo sistemas mais complexos como câmeras com processamento de imagem, conforme Thomazini et al.[2]. No entanto, algumas características devem ser consideradas para a escolha do sensor, que devem ser rápidos o suficiente para identificar oponentes se movendo e independente de suas características construtivas. Sensores indutivos, por exemplo, só permitem a identificação de oponentes com corpo metálico. Outras das

tecnologias não são rápidas o suficiente ou possuem um preço ou tamanho proibitivo para essa aplicação conforme *Miles* [3].

Dessa maneira, são utilizados sensores infravermelhos digitais para identificação dos oponentes. De acordo com *Dede* [4], um conjunto de três sensores EZ-18N dispostos na frente do robô permite identificar se o oponente está em frente e o sentido de seu movimento, pela ordem de acionamento dos sensores. Esses sensores possuem identificação de objetos brancos a até 50 cm de distância. A distância de identificação depende do albedo e do ângulo da superfície.

### 3.2 Sistema de Locomoção

O robô deve ter velocidade e torque compatíveis com a categoria, que envolve robôs com massa máxima de 500 g. O sistema de locomoção deve ser capaz de empurrar o oponente até a borda do *dohyo*, mesmo contra a própria força do oponente.

Considerando o espaço limitado, um sistema com dois motores elétricos de corrente contínua é utilizado, com uma redução de 50:1 acoplado diretamente ao eixo de duas rodas. O motor DC de ímãs permanentes apresenta uma curva de torque que permite um maior torque em menores velocidades, conforme *Fitzgerald et al.* [5]. Essa característica é interessante para a competição pois garante torque máximo na situação de encontro entre os dois robôs.

O sistema de locomoção exige que os motores sejam capazes de alterar velocidade e sentido. Controlando as rodas para que elas girem em sentido contrário, o robô pode buscar o oponente, girando no próprio eixo até que o sensor central o identifique. Nesse momento, ambos os motores impulsionam o robô para frente. Quando o sensor central deixa de identificar o oponente, o robô gira novamente, mas na direção do último sensor que identificou o oponente.

### 3.3 Detecção das linhas brancas

Para detecção das linhas brancas, sensores infravermelhos podem ser utilizados. Devido ao grande contraste entre a pintura preta da pista e de sua borda, a variação do nível de leitura permite a identificação da borda da pista. Assim, são utilizados dois pequenos sensores infravermelhos, posicionados nos dois extremos da parte anterior do robô. Quando detecta a linha e o robô oponente não foi identificado, os motores fazem o robô mudar de direção, retornando ao centro da arena.

### 3.4 Microcontrolador e eletrônica

Para a implementação de um microcontrolador, foi utilizada uma placa Arduino Mini Pro. Arduino é uma plataforma *open-source* de desenvolvimento eletrônico que permite a leitura dos sensores e o envio de sinais lógicos para controle dos motores, além da programação necessária para tomada de decisões. É no microcontrolador que são programadas as funções previamente descritas.

O acionamento de cada motor é realizado por uma ponte H de MOSFETs com canais N e P, conforme a Fig. 2. Um estágio intermediário com transistor NPN é necessário para permitir o acionamento do MOSFET de canal P e evitar o acionamento simultâneo dos interruptores em série, o que curto-circuitaria a bateria.

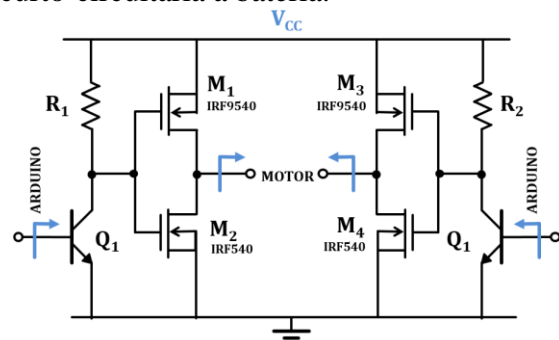


Figura 3 – Circuito utilizado para acionamento dos motores

### 3.4 Fonte de alimentação

O sistema deve ser totalmente embarcado e, portanto, deve conter a própria fonte de alimentação. A escolha da bateria deve levar

em consideração a corrente máxima dos motores, assim como o espaço físico limitado e a massa total. No entanto, considerando que os combates têm curta duração, a bateria não precisa armazenar uma grande quantidade de carga.

Um tipo de bateria que possui capacidade de suprir grande quantidade de corrente com pequeno armazenamento de carga são as baterias de polímero de lítio (*LiPo*). A bateria escolhida se trata do modelo de duas células e 300 mAh de carga, capaz de fornecer picos de até 10 A por curtos períodos de tempo. A tensão nominal da bateria é de 7.2 V, mas varia com a carga e deve ser observada para evitar danos.

#### 4. CONSTRUÇÃO MECÂNICA

A estrutura mecânica do robô é responsável por sustentar os motores e os sensores, assim como proteger a eletrônica. Além disso, a aparência do robô deve dificultar a identificação pelo oponente. Uma frente rente à superfície da arena impede que o adversário levante o robô com facilidade, o que envolveria redução de força normal e, portanto, de tração. Da mesma forma, o uso de uma rampa na parte frontal permite levantar o oponente. A Fig. 3 mostra o modelo tridimensional da estrutura.

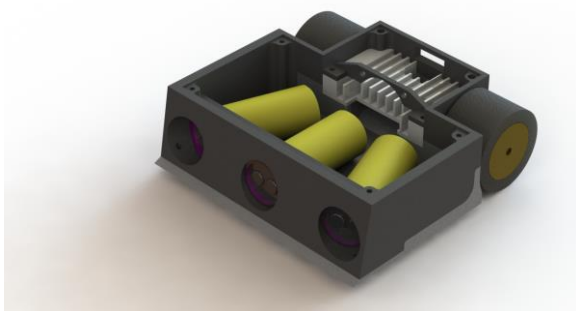


Figura 3 – Montagem do robô em CAD

O avanço e disseminação das impressoras 3D utilizadas juntamente a softwares CAD, conforme *Smyth* [6], estimula o seu uso para prototipagem. O protótipo e a maior parte da estrutura final do robô foram criados a partir de impressão

por depósito de poliácido láctico (PLA). No entanto, devido ao aquecimento dos motores enquanto travados, um chassi de alumínio aletado foi desenhado em SolidWorks® e fresado em CNC.

Na estrutura impressa são posicionados os sensores de oponente com angulação de 20 graus entre si, paralelos a superfície da pista. Também, é na estrutura impressa que a placa eletrônica é encaixada. Na estrutura fresada, são fixados os motores, com o uso de um mancal de alumínio aletado, e os sensores de borda da pista.

#### Agradecimentos

Agradecemos a todos os servidores técnico administrativos e docentes do Colégio Técnico Industrial que auxiliaram na construção do robô e na produção deste trabalho.

#### 2. REFERÊNCIAS

- [1] Robocore, “Regulamento Sumô”, 2017, pp. 1-9
- [2] D. Thomazini e P. B. de Albuquerque, “Sensores Industriais - Fundamentos E Aplicações”, 2011.
- [3] P. Miles, “Robot Sumo: The Official Guide”, 2002.
- [4] F. F. Dede, “Sumo Robot Black Book”, 2018, pp. 4-6.
- [5] A. E. Fitzgerald, C. Kingsley and S. D. Umans, “Electrical Machinery”,
- [6] C. Smyth, “Functional Design for 3D Printing”, 2014, pp. 10.