



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

JOÃO PEDRO LEITE MACIEL

**PROJETO DE ROBÔS PARA CAMPEONATO DE FUTEBOL COM SISTEMA DE
CONTROLE REMOTO**

TUCURUÍ
2025

JOÃO PEDRO LEITE MACIEL

**PROJETO DE ROBÔS PARA CAMPEONATO DE FUTEBOL COM SISTEMA DE
CONTROLE REMOTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Computação, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Computação.

Orientador (a): Prof. Dr. Marco José de Souza

TUCURUÍ

2025

JOÃO PEDRO LEITE MACIEL

**PROJETO DE ROBÔS PARA CAMPEONATO DE FUTEBOL COM SISTEMA DE
CONTROLE REMOTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia de Computação, do
Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade
Federal do Pará, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro de Computação.

Data da defesa: 01/04/2025

Conceito: Excelente

Banca Examinadora

Prof. Dr. Marco José de Sousa Rocha
Faculdade de Eng. Computação – UFPA
Orientador

Prof. Dr. Otávio Noura Teixeira
Faculdade de Eng. Computação – UFPA
Membro da Banca

Prof. Dr. Renato Luz Cavalcante
Faculdade de Eng. Computação – UFPA
Membro da Banca

TUCURUÍ
2025

Este trabalho é dedicado à minha avó, uma mulher que deixou muitos ensinamentos a mim antes de partir. Um exemplo de mulher, uma pessoa na qual tinha um amor incondicional por mim, e tudo que ela mais queria de mim é que eu brilhasse, e é graças a ela, a minha mãe, meu irmão e meu pai, que eu jamais irei desistir dos meus sonhos e objetivos. Então, eu tenho certeza que ela lá de cima, está orgulhosa de quem eu estou me tornando. Eu te amarei eternamente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele nada na vida é possível, é graças a Ele que somos enviados em uma missão na terra, e é para Ele que voltaremos. Ele foi, e é meu refúgio e minhas forças, quando eu mais precisei e preciso Ele sempre me atende.

À minha mãe, uma mulher guerreira e trabalhadora que jamais desiste de mim e do meu irmão. Ela é responsável por me fortalecer nos momentos em que estive fraco, é a mulher que me põe na linha quando estou saindo dos trilhos. A mulher que eu irei amar para sempre.

Ao meu pai, que nunca deixou nos faltar o alimento de cada dia, sempre foi e sempre será um leão quando os seus filhos são colocados à prova.

Ao meu irmão, que sempre pode compartilhar todos os momentos comigo, de brincadeiras e brigas, o único irmão que Deus me deu. Irmão que eu amo do fundo do meu coração, sempre esteve ao meu lado mesmo eu estando errado.

À minha avó, que sempre me aconselhou a buscar Deus, pois é nele que está presente o caminho, a verdade e a vida. É com as orações dela que eu continuo prosperando.

Ao meu professor e orientador, Dr. Marco José de Souza, expresso os meus sinceros agradecimentos, pois com seus auxílios e ensinamentos, pude aprender e adquirir muito conhecimento. Foi uma jornada árdua, mas que com a sua paciência e inteligência conseguimos vencer juntos essa batalha.

E para finalizar, agradeço aos meus colegas e amigos de curso que contribuíram para que eu pudesse chegar ao final com excelência.

*“Porque o Senhor dá a sabedoria, e da sua boca vem o conhecimento e o entendimento.”
(Provérbios 2:6)*

RESUMO

Este projeto investiga meios fáceis e baratos para que o futebol de robôs seja praticado. Seguindo como base a categoria MINI das competições da RoboCore. Onde tem como principal objetivo proporcionar o futebol acessível. Apesar da categoria possuir quatro opções existentes, o referido trabalho dá ênfase em uma categoria em específico, o que possibilitará a construção de um sistema que requer peças básicas, como: capacitores, resistores, micro controladores, LEDs, etc., e a melhor maneira de fazer isso é com o sistema rádio controlado. Pois possui um desenvolvimento simples e fácil de se utilizar. Contando com o baixo custo e a facilidade de implementação, ideal para projetos didáticos. Contribuindo para que esse esporte se desenvolva de forma mais fácil. Pois, escolas públicas enfrentam dificuldades para desenvolver brincadeiras como esta. Na qual possam incentivar os jovens a seguir um rumo em suas vidas. Onde trará incentivo, para a área tecnológica, visto que é uma área que só tende a crescer.

Palavras-chaves: Futebol de robôs. MINI. RoboCore. Futebol acessível. Baixo Custo. Rádio controlado.

ABSTRACT

This project investigates easy and cheap ways for robot soccer to be practiced. Following the MINI category of RoboCore competitions as a basis. Where its main objective is to provide accessible football. Although the category has four existing options, the work emphasizes a specific category, which will make it possible to build a system that requires basic parts, such as: capacitors, resistors, micro controllers, LEDs, etc., and the best way to do this is with the radio controlled system. Because it has a simple and easy-to-use development. Counting on the low cost and ease of implementation, ideal for didactic projects. Contributing to this sport developing more easily. Well, public schools face difficulties in developing games like this. In which they can encourage young people to follow a direction in their lives. Where it will bring incentive, to the technological area, since it is an area that only tends to

Keywords: Robot football. MINI. RoboCore. Affordable football. Low Cost. Radio controlled.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Drumonsters (equipe da categoria MINI)	16
Figura 2 – Cenário do futebol MINI	17
Figura 3 - Medidas do campo de jogo	18
Figura 4 – Bola	18
Figura 5 - Sistema de visão	19
Figura 6 - Sistema Rádio Controlado	20
Figura 7 - Sistema Autônomo com ESP32-CAM	21
Figura 8 - Sistema com Celular Integrado	22
Figura 9 - Sistema com Celular Substituindo o ESP32-CAM	23
Figura 10 – Interruptor de botão tátil	25
Figura 11 – Botões de pressão	26
Figura 12 – Cabo plano flat	26
Figura 13 – Placa de fenolite cobreada simples	26
Figura 14 - Capacitor eletrolítico 47 uf / 25 V	27
Figura 15 - Resistor 10k Ohm	27
Figura 16 - Resistor 1k Ohm	28
Figura 17 - Diodos	28
Figura 18 - LED	29
Figura 19 – ESP32	29
Figura 20 – Células de lítio	30
Figura 21 – Motor DC	30
Figura 22 – Roda amarela	31
Figura 23 – Rodinhas adesivas	31
Figura 24 – Mini Ponte H Dupla L298N	32
Figura 25 – módulo NodeMCU ESP-12E	32
Figura 26 - Diagrama do “Master”	35
Figura 27 - Diagrama do “Slave”	36
Figura 28 - Protótipo do chassi	37
Figura 29 - Máquina de corte a laser	38
Figura 30 - Teste e resultado com papelão	38
Figura 31 – Resultado com MDF	39
Figura 32 – Circuito do controle produzido no KiCad	40
Figura 33 – Corte da placa de fenolite	40

Figura 34 – Prensa térmica	41
Figura 35 – Placa do controle corroída	41
Figura 36 – Circuito do “Master”, projetado no Kicad	42
Figura 37 – Circuito do “Slave”, projetado no kicad	42
Figura 38 – Resultado da corrosão	43
Figura 39 – Soldagem	44
Figura 40 – Controle	44
Figura 41 – "Master"	44
Figura 42 – "Slave"	45
Figura 43 – Teste do circuito do “Master”	45
Figura 44 – Teste do circuito do "Slave"	46
Figura 45 – Montagem e Embarcação do "Slave"	46
Figura 46 – Teste completo do sistema rádio controlado	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Componentes e preços do projeto	33
Tabela 2 - Componentes e preços categoria Mini RoboCore	33

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
Objetivo Geral	15
Objetivos Específicos	15
1. Futebol de robôs	16
1.1 Competições RoboCore	16
1.2 Campo e Bola	16
1.3 Sistema de visão	18
2. PROPOSTA DE UM SISTEMA DE BAIXO CUSTO	20
2.1 Arquiteturas para um sistema de futebol de robôs	20
2.1.1 Hardware base para sistema rádio controlado (pilotado)	20
2.1.2 Processador com captura ligado conectado ao “Master”	21
2.1.3 Processador com captura ligado indiretamente ao “Master”	21
2.1.4 <i>Smartphone</i> como dispositivo de captura e processamento de imagens	22
2.2 Estratégia a ser adotada neste trabalho	23
2.3 <i>Hardware</i>	25
2.3.1 Controle	25
2.3.2 Master	27
2.3.3 Slave	29
2.4 Comparação de custos	33
2.5 <i>Software</i>	34
2.6 Chassi para os robôs atores	37
3. RESULTADOS E TESTES	40
3.1 Placas de circuito impresso	40
3.1.1 Controle	40
3.1.2 “Master” e “Slave”	42
3.2 Resultados das placas soldadas	43

3.3	Teste dos circuitos	45
3.4	Montagem e Teste com o Chassi	46
	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS	49
	APÊNDICE A – CÓDIGO DO PROJETO	51

INTRODUÇÃO

O futebol de robôs está cada vez mais presente no meio da robótica e no ensino, contando com várias modalidades.

Segundo Jong-Kwan Kin (1996), professor do *Korean Advanced Institute of Science and Technology* (KAIST) na República da Coreia (Coreia do Sul) foi o responsável por ter a ideia de usar pequenos robôs para realizar partidas de futebol. Com o objetivo de incentivar a realização de pesquisas na área da robótica autônoma.

Atualmente existem principalmente duas federações que regulamentam os campeonatos de futebol de robôs, uma coreana (FIRA - *Federation International Robot-soccer Association*) e a outra japonesa (RoboCup - *Robot World Cup*), com representações brasileiras. As federações têm como principal objetivo, fomentar ao ensino e a pesquisa em robótica e também trazer o entretenimento do esporte mais popular do mundo para o meio da robótica.

Para a educação em ciências e tecnologia, o futebol de robôs é um recurso didático interessante, pois várias áreas de conhecimento podem ser abordadas, cobrindo praticamente todo o currículo escolar.

- A matemática é utilizada constantemente, por exemplo, para o cálculo de chutes ou no posicionamento dos robôs.
- A química, por meio do estudo de materiais de construção e na compreensão do funcionamento de pilhas e baterias.
- Física e eletricidade, necessários para o entendimento do funcionamento físico dos sensores e atuadores.
- Ciências e biologia, para o desenvolvimento de robôs biomiméticos.
- História e geografia, ao estudar o contexto histórico e geográfico do desenvolvimento tecnológico. A história das descobertas e invenções confunde-se com a história da civilização, sendo também dependente das condições geográficas, climáticas e sociológicas.
- Artes, por exemplo, dentro de competições da Olimpíada Brasileira de Robótica onde os autômatos são programados para realizar performances artísticas.

Portanto é visível a importância do futebol de robôs no âmbito escolar, incentivando os jovens a se tornarem competentes na área tecnológica, por meio de uma brincadeira. Visto que a tecnologia está presente em nosso meio e só tende a evoluir.

Surge então um empecilho, que são as realidades escolares, principalmente nos interiores como no município de Tucuruí-Pa. Onde há escassez de recursos financeiros para incentivar o aprendizado relacionado à robótica. Pois as federações utilizam *hardwares* qualificados, como: computadores, câmeras, controles e os robôs que devem respeitar os requisitos de cada competição. Propondo então que boa parte desses materiais as escolas já possuem, é possível resolver o problema através de soluções de baixo custo. Como por exemplo a construção de um sistema de visão contendo apenas um celular e um equipamento simples e barato que possa capturar as imagens. E também reconstruir o robô fazendo com que ele possa ser rádio controlado, com peças de baixo custo. Havendo fácil entendimento e montagem.

Objetivo Geral

- Desenvolver um sistema de controle de baixo custo. Tendo como base a categoria de futebol de robôs MINI, incluindo dispositivos de controle e robôs atuadores.

Objetivos Específicos

- Investigar opções de sistemas de baixo custo;
- Desenvolver e testar firmwares para o projeto;
- Construir um protótipo o mais simples e barato possível.

Portanto este trabalho de conclusão de curso está dividido em três etapas. Onde o primeiro capítulo diz respeito ao futebol de robôs, explicando melhor como funciona. No segundo capítulo estará descrito as possibilidades de sistemas, com adaptações. Sendo que alguns deles podem ser construídos com visão computacional, possibilitando projetos futuros. Por fim será apresentado os resultados do projeto proposto. Contendo ilustrações físicas e também teóricas. Além disso, tem-se a conclusão do trabalho e o Apêndice “A” usados para a conclusão do mesmo.

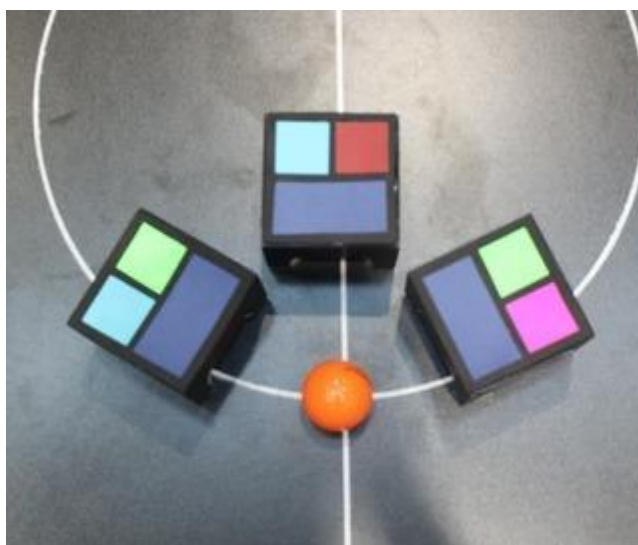
1. FUTEBOL DE ROBÔS

Existem várias federações que proporcionam diversos campeonatos, separados por categorias. Federações como: FIRA, RoboCore e RoboCup são exemplos presentes em nosso país. Fira e RoboCup promovem o futebol de robôs, porém utilizando regras que exigem grandes espaços físicos, robôs e equipamentos de imagem elaborados. Por outro lado, as competições de futebol categoria MINI promovidas pela RoboCore utilizam arenas reduzidas, robôs mais compactos e são mais flexíveis, permitindo categorias rádio controladas e categorias autônomas, favorecendo propostas de baixo custo mais acessíveis ao público de interesse. Possibilitando construir um projeto flexível, rápido e de baixo custo.

1.1 Competições RoboCore

Nas competições agregadas pela RoboCore, a categoria Futebol Mini (Figura 1) conta com no máximo 16 equipes (sendo apenas 1 time por equipe inscrita para a competição) e ocorre em 3 dias. Possui uma cobertura dada pela equipe RobotBulls em parceria com a RoboCore. Conta com a estrutura de dois campos com iluminação e suporte para câmeras, além de cronômetros, apitos e tabelas para o melhor entendimento da competição.

Figura 1 – Drumonsters (equipe da categoria MINI)

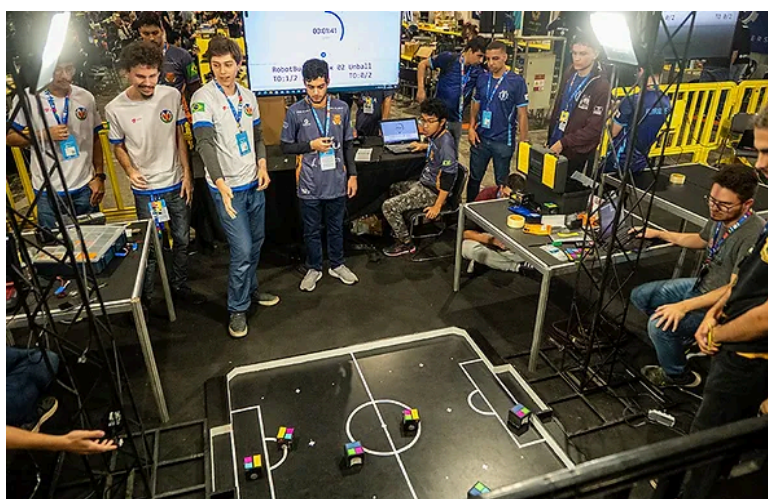


Fonte: RCX - CPBR16, Robocore, 2024.

1.2 Campo e Bola

O campo é composto por uma chapa plana e rígida de madeira como mostrado na figura 2, com as medidas 150 x 130 cm, em cor preta fosca (não reflexiva) com laterais medindo 5 cm de altura por 2,5 cm de largura. A parte superior das laterais deve ser na cor preta (a mesma cor do campo) e as paredes na cor branca. Quatro triângulos isósceles sólidos com 7 x 7 cm são fixados nos cantos do campo, para evitar que a bola fique presa nestas regiões. A textura do campo é similar à mesa de *ping-pong*.

Figura 2 – Cenário do futebol MINI



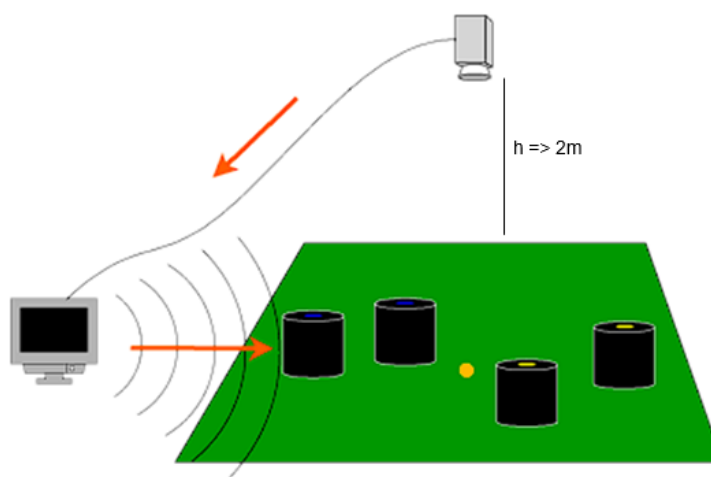
Fonte: RCX - CPBR15, robocoreexperience, 2023.

O campo também conta com marcações como podem ser vistas na Figura 3. O círculo central tem 20 cm de raio. O arco, que faz parte da área do gol, tem 20 cm junto à linha do gol e 5 cm na direção perpendicular. As linhas centrais (centro e bordas da área do gol e do círculo de meio campo) devem ser de 3 mm de espessura. O gol tem 40 x 10 cm e está em uma distância maior do que os 150 cm do campo. A área do gol compreende a área de um retângulo (medindo 70 x 15cm, na frente do gol) e um arco associado ao centro da linha (20 cm junto à linha do gol e 5cm na direção perpendicular). Deve ter ainda uma linha exatamente na entrada do gol, com 40 cm de largura.

1.3 Sistema de visão

Na categoria autônoma, para identificar o robô e a bola em campo, um sistema de visão é utilizado. A câmera é fixada acima do meio de campo (figura 5), incluindo sua linha central, de tal forma que não tenha que ser movida depois da troca de lado após o meio tempo. Se ambos os times desejarem manter suas câmeras acima do círculo central do campo, elas deverão ser posicionadas lado a lado, equidistante da linha central e o mais perto possível uma da outra. A câmera deverá estar suspensa a uma altura não inferior a 2 m. Os integrantes humanos de um time podem transmitir certos comandos do computador “host” somente com autorização do árbitro ou quando o jogo não estiver em progresso. Não são permitidos transmissão de sinais como: sinal para parar qualquer um dos robôs ou, ainda, sinais de reinicialização, sem a permissão do árbitro. Não é permitido o controle direto de seus robôs através de teclados ou joysticks, sob quaisquer circunstâncias. Enquanto o jogo estiver em progresso, o computador “host” pode mandar qualquer informação autonomamente. Qualquer informação, que não seja autônoma, pode ser comunicada apenas quando o jogo não está em progresso.

Figura 5 - Sistema de visão



Fonte: autoria própria, 2025.

Após a apresentação e o entendimento do Futebol MINI, foi possível perceber que o mesmo atende os requisitos de facilidade, didática e baixo custo. A proposta sugerida é mencionada em duas etapas, na qual a primeira consiste em criar um

projeto, na qual o robô é rádio controlado. E na segunda etapa é feito um sistema de visão, substituindo a câmera e o computador, apresentados na figura 5. Portanto, no decorrer do projeto, será apresentado os conceitos e resultados da primeira etapa, casando perfeitamente com a realidade das escolas do município de Tucuruí.

2. PROPOSTA DE UM SISTEMA DE BAIXO CUSTO

O projeto de sistema de baixo custo está dividido em quatro opções: As propostas consistem em facilitar e baratear a construção do projeto. Tornando-o didático e divertido, despertando a curiosidade dos jovens. Pois sabemos que municípios como: Tucuruí, enfrentam dificuldades em suas escolas. Então é necessário utilizar meios fáceis e baratos. O projeto de criação do sistema de baixo custo divide-se em *hardware* e *software*, e cada um é responsável por fazer determinadas funções neste sistema.

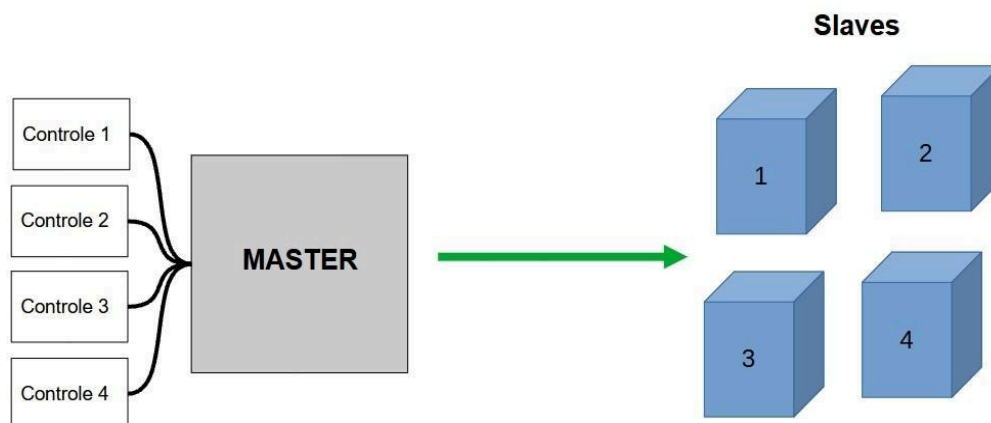
2.1 Arquiteturas para um sistema de futebol de robôs

Como mostrado no capítulo anterior, o sistema para futebol de robôs MINI é composto pelos robôs no campo, sistema computacional que controla os atores e pelo sistema de imagem, este último no caso da categoria autônoma. Existem diversas arquiteturas para integração dessas diversas partes dependendo das escolhas de quais tipos de *hardwares* serão agregados. Foram consideradas as seguintes estratégias:

2.1.1 Hardware base para sistema rádio controlado (pilotado)

Na primeira opção, o sistema é rádio controlado, composto por um “Master” (figura 6), que possui um microcontrolador responsável por mandar as informações para os “Slaves” (figura 6). O Master recebe as informações por comando humano, através de controles (figura 6). E por fim os “Slaves” recebem os comandos e executam as ações. Os receptores são fixados no chassi do robô. Cada Master controla 4 “Slaves”, portanto cada Master suporta até quatro controles. Por fim os dois possuem controladores simples, e fáceis de serem encontrados. Peças fundamentais para o funcionamento do projeto.

Figura 6 - Sistema Rádio Controlado

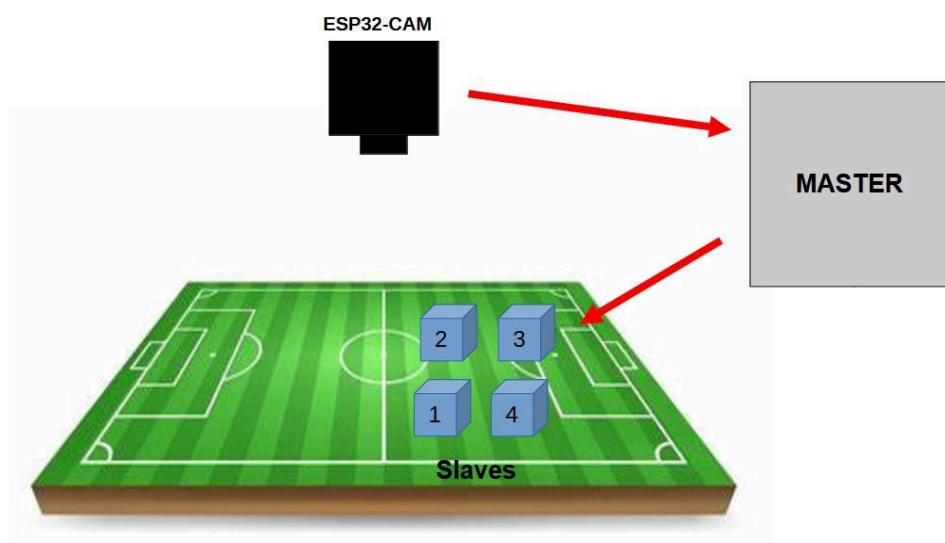


Fonte: autoria própria, 2025.

2.1.2 Processador com captura ligado conectado ao “Master”

Na segunda opção a base do sistema se manterá. Porém, agora o sistema será autônomo. Composto por um micro controlador ESP32-CAM (figura 7), responsável por capturar e processar as imagens do futebol de robôs. Após esse processo, a imagem será enviada ao “Master” (Figura 7). Contendo coordenadas e posições dos: “Slaves”, bola e dimensões do campo. Fazendo com que os comandos enviados aos “Slaves” sejam os mais precisos possíveis.

Figura 7 - Sistema Autônomo com ESP32-CAM

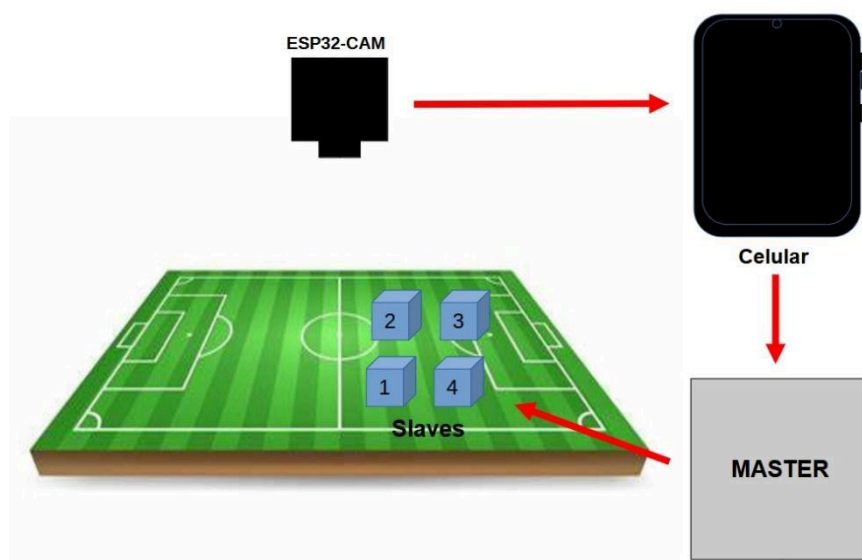


Fonte: autoria própria, 2025.

2.1.3 Processador com captura ligado indiretamente ao “Master”

A opção três haverá apenas uma alteração em relação às anteriores. Que será a inclusão do celular (Figura 8). Porém de grande importância, pois o “Master” provavelmente não tem capacidade computacional para fazer o processamento das imagens enviadas, a partir do ESP32-CAM. Colocar um componente a mais, como um telefone celular, facilita muito o desenvolvimento do sistema, do ponto de vista de *software*. Pois fica muito mais fácil desenvolver o *software*. E fica muito mais amigável para os usuários, pois não precisaram aprender linguagens de programação específicas. Pois, mesmo os jovens não tendo um bom conhecimento técnico científico, será possível usarem o *software*. E o telefone celular é uma maneira fácil, porque muitos dos cidadãos do mundo atual possuem um. Por fim, com esses componentes apresentados na figura 8, será possível realizar o futebol de robôs autônomos, de modo fácil e barato.

Figura 8 - Sistema com Celular Integrado



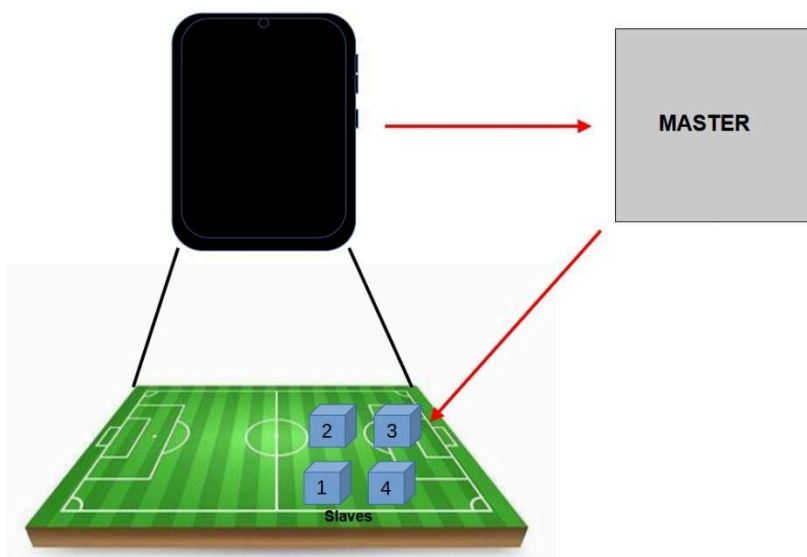
Fonte: autoria própria, 2025.

2.1.4 Smartphone como dispositivo de captura e processamento de imagens

A última opção, a mais eficiente do ponto de vista de custo e *software*. Agora ao invés do ESP32-CAM (figura 8) fazer a captura e envio das imagens. Ele (ESP32-CAM) será substituído pelo próprio aparelho celular (figura 9). O celular ficará responsável por fazer todo o trabalho do ESP32-CAM, porém com mais facilidade. Pois sabemos que o poder de processamento em relação ao ESP32-CAM

provavelmente é maior. Suportando linguagens e *softwares* mais qualificados. Facilitando o futebol de robôs autônomos (figura 9).

Figura 9 - Sistema com Celular Substituindo o ESP32-CAM



Fonte: autoria própria, 2025.

2.2 Estratégia a ser adotada neste trabalho

O projeto apresenta quatro opções de sistemas, cada uma com características específicas que atendem a diferentes níveis de complexidade, custo e viabilidade técnica. A seguir será listado vantagens e desvantagens de cada sistema. Onde será fácil identificar qual se encaixa aos padrões desejados.

Opção 1: Sistema Rádio Controlado

Vantagens:

- Simplicidade no desenvolvimento e na utilização.
- Baixo custo devido à ausência de componentes avançados.
- Fácil implementação, ideal para projetos didáticos.

Desvantagens:

- Funcionalidade limitada, sem automação.
- Dependência do controle humano reduz a precisão e autonomia.

Opção 2: Sistema Autônomo com ESP32-CAM

Vantagens:

- Maior precisão e autonomia.
- Introduz processamento de imagens, aproximando-se de aplicações reais.

Desvantagens:

- Maior complexidade na configuração.
- Necessidade de conhecimentos técnicos em processamento de imagens.

Opção 3: Sistema com Celular Integrado

Vantagens:

- Facilita o desenvolvimento do software, tornando-o mais amigável.
- Acessibilidade, pois muitos usuários possuem smartphones.
- Reduz a complexidade técnica para usuários sem conhecimento avançado.

Desvantagens:

- Incremento no custo devido à inclusão de um celular.

Opção 4: Sistema com Celular Substituindo o ESP32-CAM

Vantagens:

- Maior capacidade de processamento.
- Simplificação no desenvolvimento e uso de softwares mais robustos.
- Redução de componentes externos, concentrando as funções no celular.

Desvantagens:

- Dependência do celular para o funcionamento integral.

É visível que a opção mais simples e viável é a opção 1, pois é mais prática e econômica, sendo ideal para projetos educativos. Sua simplicidade facilita a construção e o uso por jovens com pouco conhecimento técnico. E a opção 4 é a

mais prática, porque oferece o melhor desempenho em termos de *software* e custo-benefício, aproveitando o poder de processamento do celular para simplificar o sistema e torná-lo mais eficiente. Considera-se que a estratégia 1 está contida na estratégia 4, visto que ambas compartilham o “Master” e os robôs atores. Pode-se considerar a estratégia 1 (rádio controlada) como uma base, sobre a qual seria mais conveniente desenvolver a estratégia 4 (autônoma). Este trabalho, portanto, é focado na estratégia 1.

2.3 Hardware

Nesta seção é apresentado as peças utilizadas na estratégia 1. Detalhando cada componente. Que compõem o controle, “Master” e “Slave”. Com a explicação seguindo essa sequência respectiva.

2.3.1 Controle

No controle faz-se necessários interruptores de botões táteis, botões de pressão, cabos, conectores e uma placa de fenolite cobreada simples.

O interruptor de botão tátil é um dispositivo elétrico utilizado para controlar o fluxo de corrente em um circuito. Os interruptores utilizados são de 12 x 12 x 7.3 mm. Como é mostrado na figura 10.

Figura 10 – Interruptor de botão tátil



Fonte: Robotools, [sd].

Como foram utilizados interruptores táteis. Então também serão usados botões de pressão. Os botões de pressão (figura 11) são responsáveis por estabelecer ou

interromper a passagem de corrente elétrica em um circuito. Se encaixando no interruptor. Como mostra a figura 11.

Figura 11 – Botões de pressão



Fonte: Megatronica, [sd].

O cabo plano flat (figura 12) é utilizado para fazer conexões simples entre componentes. E é usado para conectar o controle ao “Master”.

Figura 12 – Cabo plano flat



Fonte: Eletropeças, [sd].

Uma placa de fenolite cobreada é um material isolante revestido com uma camada de cobre em, pelo menos, uma das faces (figura 13). Essa placa permite a criação de trilhas condutoras, fazendo a conexão dos componentes eletrônicos. Viabiliza reduzir a complexidade de um circuito com muitos fios. Nesse projeto ela serve como base para compor todos os componentes.

Figura 13 – Placa de fenolite cobreada simples



Fonte: Usinainfo, [sd].

2.3.2 Master

O “Master” peça chave no projeto, pois é responsável por se comunicar tanto com o controle, como com o “Slave”. É nele que ocorre o processamento de informações recebidas do controle. Para construir o “Master” é necessário ter alguns componentes, como: capacitores, resistores, diodos, led e um módulo modelo ESP32. Todos esses componentes são soldados em uma placa de fenolite cobreada (figura 13). Na qual permite reduzir a quantidade de fios, facilitando a construção. Compactando todo o “Master”.

O capacitor utilizado é de 47 uf / 25 v. Como mostra a figura 14. Este capacitor eletrolítico é responsável por armazenar energia elétrica do circuito.

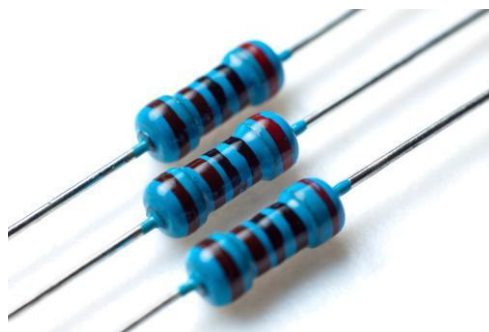
Figura 14 - Capacitor eletrolítico 47 uf / 25 V



Fonte: Tech sul eletrônicos, [sd].

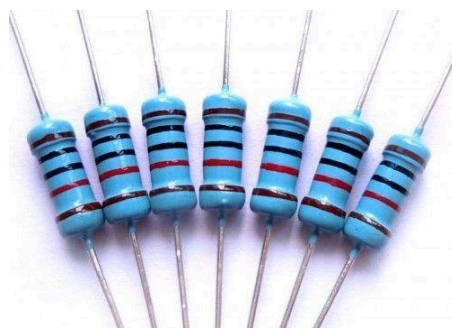
Os dois tipos de resistores utilizados foram de 10k Ohm (figura 15) e 1k Ohm (figura 16).

Figura 15 - Resistor 10k Ohm



Fonte: iStock, [sd].

Figura 16 - Resistor 1k Ohm



Fonte: Tokopedia, [sd].

Segundo o livro Dispositivos Semicondutores – Diodos e transistores, os diodos são dispositivos eletrônicos que permitem a passagem de corrente elétrica em apenas uma direção, funcionando como uma espécie de “válvula” elétrica. Os diodos como mostra a figura 17. Fizeram-se necessários, pois a corrente elétrica sai do controle e vai direto para o ESP32. Protegendo o ESP32 contra picos de tensão ou correntes indesejadas.

Figura 17 - Diodos



Fonte: Tecnologia Eletrônica, [sd].

Foi utilizado também um LED da cor verde (figura 18) para indicar o bom funcionamento do circuito.

Figura 18 - LED



Fonte: 330 ohms, [sd].

Módulo ESP32 (figura 19), é um módulo Wi-Fi de alta performance, com baixíssimo consumo de energia. Tem um alto poder de processamento e bluetooth BLE 4.2 embutido. A placa possui o chip ESP32 com antena embutida, uma interface usb-serial e regulador de tensão 3,3V. A programação dele pode ser feita em LUA ou utilizando a IDE do Arduino através de um cabo micro-USB. Com 4 MB de memória flash, o ESP32 permite criar várias aplicações para projetos de acesso remoto, *webservers* e *dataloggers*, entre outros. Foi por essa diversidade e pelo seu custo acessível que o módulo é utilizado neste projeto.

Figura 19 – ESP32



Fonte: Casa da robótica, [sd].

2.3.3 Slave

Para a construção do “Slave” foi utilizado no projeto os seguintes componentes: um capacitor 47 uf / 25 V (o mesmo utilizado no “Master”), apresentado no item 2.3.2, figura 14. O mesmo LED apresentado anteriormente. Duas células, dois motores, duas rodas, uma rodinha adesiva, uma mini ponte H dupla e um módulo NodeMCU ESP8266.

Para o “Slave” permanecer com um funcionamento duradouro. Foi utilizado duas células de lítio como fonte de energia. Do padrão 1865 de 3,7 V, 2500 mAh e descarga de 2C (Figura 20). Esta célula de lítio foi utilizada pelo seu baixo custo e alta durabilidade. Durando cerca de 3 horas contínuas. Ideais para projetos de robótica e engenharia. (DIVEZONE.PL, [sd]).

Figura 20 – Células de lítio



Fonte: DIVEZONE.PL, [sd].

O motor DC é bastante utilizado em automação e robótica. É um motor compacto que pode ser utilizado em diversos projetos. Como mostra a figura 21. É composto por uma caixa de redução com engrenagens que permitem a redução da rotação. A sua tensão de operação varia de 3 V – 6 V. A rotação em 3 V: 110 RPM e em 6 V: 210 RPM. Foi escolhido por ser de fácil acesso e por ser barato. (SMARTKITS, [sd]).

Figura 21 – Motor DC



Fonte: SMARTKITS, [sd].

Roda amarela de 68 mm com pneu plástico, ótimo para aplicações de robótica e criações de Robôs (figura 22). Esta roda foi escolhida por ser de ótimo custo-benefício e de fácil acesso. (ELETROGATE, [sd]).

Figura 22 – Roda amarela



Fonte: ELETROGATE, [sd].

Rodinhas adesivas são ideias para mover pequenos móveis, caixas, vasos e etc., sem fazer esforço. São feitas em ABS de alta qualidade, sendo durável e multifuncional (figura 23). Foi escolhida, pois se encaixa perfeitamente nos padrões de estabilidade e movimentação. Com seu custo bastante acessível. (MERCADO LIVRE, [sd]).

Figura 23 – Rodinhas adesivas



Fonte: MERCADO LIVRE, [sd].

O acionamento dos motores é feito através de uma mini ponte H dupla. Mostrada na figura 24. A Mini Ponte H dupla L298 é um componente baseado no CI L298. É um

módulo compacto capaz de controlar até dois motores DC ou um motor de passo, é ideal para controle de cargas indutivos, motores DC, motores de passo, entre outros. O módulo é a solução ideal para o projeto, por ser eficaz e pelo seu ótimo custo x benefício. (ELETROGATE, [sd]).

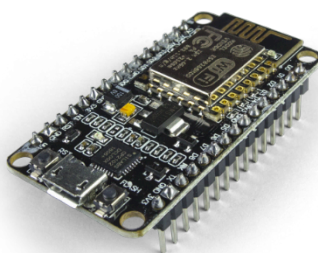
Figura 24 – Mini Ponte H Dupla L298N



Fonte: ELETROGATE, [sd].

O módulo NodeMCU ESP-12E (figura 25) é uma placa de desenvolvimento que tem o chip ESP8266, uma interface usb-serial e um regulador de tensão 3,3 V. A programação dele pode ser utilizando LUA ou a IDE do Arduino, utilizando conexão via cabo micro-USB. Possui 4 Mb de memória FLASH, *Wireles* padrão 802.11 b/g/n, antena embutida, suporta 5 conexões TCP/IP, dentre outras especificações. Portanto, o módulo foi escolhido por ser completo, ter baixo custo e ser de fácil acesso.

Figura 25 – módulo NodeMCU ESP-12E



Fonte: CASA DA RÓBOTICA, [sd].

Com todos os conceitos dos *hardwares* apresentados. É possível elaborar o projeto de forma rápida e acessível. Pois, todas as peças apresentadas são de fácil acesso e de baixo-custo, permitindo otimizar e compactar o projeto. O que facilita a montagem e o manuseio. (PROPEQ, 2020).

2.4 Comparação de custos

Para que se prove o custo x benefício do projeto, é mostrado duas tabelas com as comparações de preços. A primeira é apresentada os dados relacionados ao “projeto de robôs para campeonato de futebol com sistema de controle remoto”. E a segunda relacionada a categoria MINI, da RoboCore.

Tabela 1 - Componentes e preços do projeto

Componente	Projeto	Preço aproximado	Fonte
Fonte de energia	2x células de lítio 1865, 3,7 V, 2500 mAh, descarga de 2C	R\$ 21,00 cada	AliExpress
Motores	2x Motores DC com tensão de operação entre 3V - 6V	R\$ 14,90 cada	Eletrônica Ômega
Rodas	2x Rodas amarelas pequenas de 68mm	Incluso no kit a cima	Eletrônica Ômega
Rodinha adesiva	1x Rodinha adesiva ideal para mover pequenos móveis, feita de ABS	R\$ 3,75	Mercado Livre
Ponte H	1x Mini ponte H dupla L298	R\$ 7,89	AliExpress
Microcontrolador	1x Módulo NodeMCU ESP-12E	R\$ 7,00	AliExpress

Fonte: autoria própria, 2025.

A tabela abaixo apresenta os componentes e preços aproximados para Robôs Mini da RoboCore.

Tabela 2 - Componentes e preços categoria Mini RoboCore

Componente	Descrição	Preço aproximado	Observações
Barramento de 3 pinos	Cabo conector M8 3 pinos, 2m	R\$ 44,52	Utilizado para conectar sensores e módulos

Chip de Ponte-H integrado (2A por canal)	Módulo Ponte H L298N	R\$ 24,24	Controla até 2 motores DC; 2A por canal
CI inversor lógico	CI 74LS04 ou similar	R\$ 5,00 – R\$ 10,00	Utilizado para inversão de sinais lógicos
FTDI onboard	Módulo conversor USB-Serial FTDI	R\$ 35,00 – R\$ 50,00	Facilita a programação via USB
Alimentação externa para motores	Conector de alimentação externa	R\$ 5,00 – R\$ 15,00	Permite fonte dedicada para motores
Chave de ligamento para motores	Chave tipo alavanca ou botão	R\$ 5,00 – R\$ 20,00	Controla o acionamento dos motores
Montes de VCC e GND distribuídos pela placa	Barramentos de distribuição de energia	R\$ 10,00 – R\$ 20,00	Facilita a conexão de múltiplos componentes
Compatibilidade com Shield Arduino	Placa base compatível com Arduino	R\$ 30,00 – R\$ 60,00	Permite o uso de shields Arduino

Fonte: autoria própria, 2025.

É evidente a diferença significativa entre os preços e os componentes utilizados no projeto em comparação aos empregados na categoria Mini da RoboCore. Essa discrepância comprova o baixo custo, a viabilidade e a simplicidade na construção de robôs voltados para campeonatos de futebol com sistema de controle remoto. Assim, este trabalho reafirma sua proposta central, que é desenvolver soluções acessíveis e eficientes, com foco principal na economia e facilidade de montagem.

2.5 Software

O software utilizado será em relação a opção 1. Citada no item 2.1. Porque é a opção mais simples e viável de se entender e construir. Onde se encaixa perfeitamente com as necessidades das escolas dos interiores brasileiros.

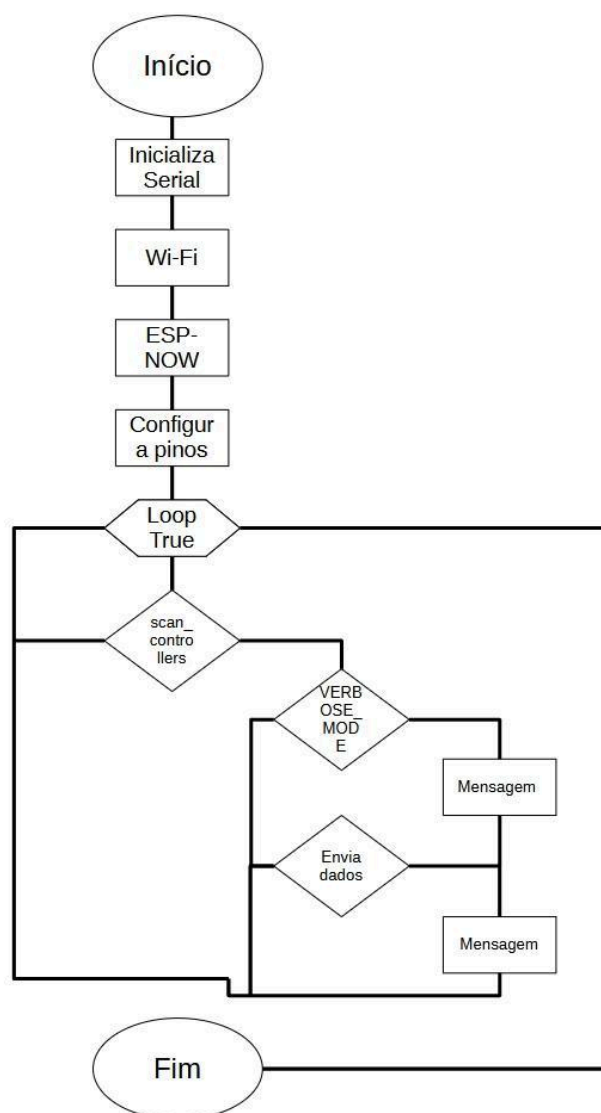
O *software* é bem simples, e está dividido em duas etapas. Onde a primeira, é a alteração de estado dos botões do controle, mandando uma série de caracteres, na qual indica qual é a situação dos botões. A segunda etapa consiste no recebimento das informações pelo “Master”.

Porém como cada “Master” tem quatro controles conectados a si. Então será enviada uma concatenação de 4 caracteres por controle, totalizando 16 caracteres.

O “Master” envia a sequência de caracteres obtida através do acionamento do controle, mandando para o “Slave”. O “Slave” terá o seu próprio endereço, variando de 0 a 3 por “Master”. Após o envio da sequência de 16 caracteres para todos os “Slaves”, cada “Slave” será responsável por analisar e identificar a sua sequência. Essa identificação será feita por sequência, se o “Slave” 0 identificar que a sequência recebida através do “Master” foram as 4 primeiras. Então ele irá mudar o seu estado, e assim sucessivamente.

Para melhor entendimento do software, será apresentado dois diagramas. Um do “Master” (figura 26) e posteriormente o do “Slave” (Figura 27).

Figura 26 - Diagrama do “Master”



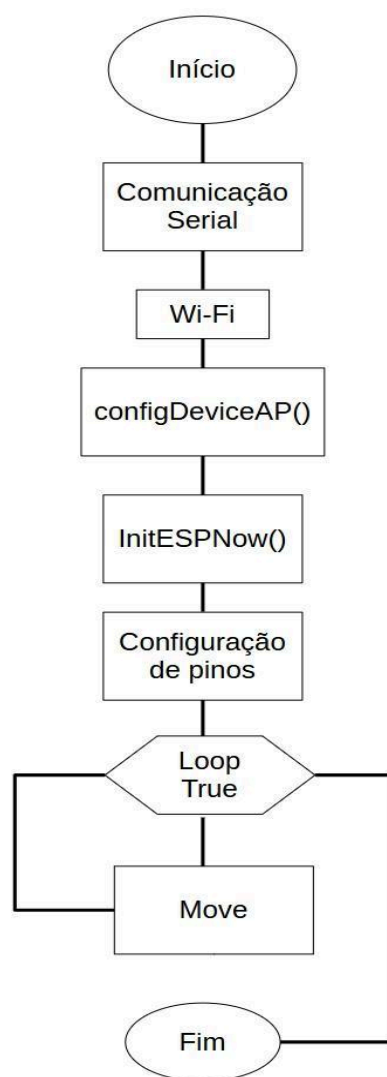
Fonte: autoria própria, 2025.

O “Master” funciona em cinco etapas mostradas na figura 26:

1. Inicialização do serial.
2. Chamada da função responsável por configurar o Wi-Fi. Definindo os canais e aguardando o Wi-Fi iniciar.
3. Configuração do ESP-NOW. Nesta etapa é criado um *Peer* de *broadcast*. Depois é iniciado o ESP-NOW. Caso ocorra alguma falha nesse processo, o ESP32 é reiniciado.
4. Configuração dos pinos: definindo pinos de saída e entrada.

5. *Loop True*: neste *loop*, ocorre a atualização do estado dos botões e a comparação do estado anterior. Se houver mudança. É impresso o estado atual e também é enviado os dados via ESP-NOW.

Figura 27 - Diagrama do “Slave”



Fonte: autoria própria, 2025.

A principal função do *software* do “Slave”, é inicializar e configurar o ESP32 para atuar como um receptor no protocolo ESP-NOW, além de definir alguns parâmetros e configurar a comunicação com o “Master”. E isso requer um passo a passo, como mostra a figura 27:

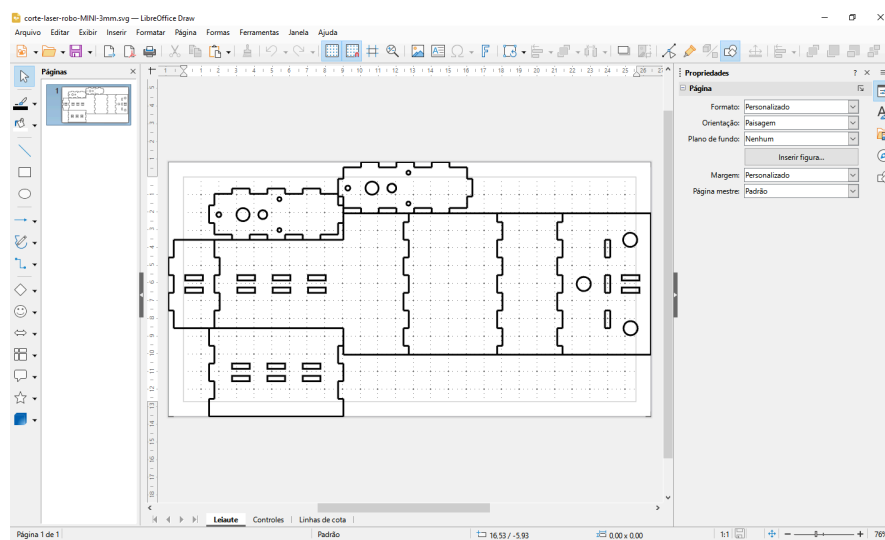
1. Comunicação Serial: Inicializa a comunicação serial

2. Wi-Fi: configura o modo Wi-Fi. Colocando o ESP32 no modo *Access Point* (AP). Isso significa que o dispositivo cria sua própria rede sem fio e não conecta a um roteador. Essa configuração é imprescindível para a comunicação ESP-NOW que é utilizada tanto no “Slave” quanto no “Master”.
3. *configDeviceAP()*: função responsável por configurar detalhes do *AP Mode*. Que inclui o nome da rede, endereço e senha.
4. *InitEspNow()*: configura e inicia o protocolo ESP-NOW, permitindo que o ESP32 envie e receba dados.
5. Configuração de pinos: configura os pinos do motor.
6. *Loop true*: utilizado com o objetivo de ficar recebendo as informações de movimento e executando.

2.6 Chassi para os robôs atores

O processo do chassi consiste primeiro na projeção feita em um *software* simples (figura 28). E exportado para o formato *svg* (*Scalable Vector Graphics*). É importante que o formato do arquivo seja *svg*, porque é um formato de arquivo vetorial compatível com a web. E utilizado em máquinas de corte a laser.

Figura 28 - Protótipo do chassi



Fonte: autoria própria, 2025.

Após este processo de projeção. É feito os cortes. Neste projeto foi utilizado uma máquina a Laser. Do tipo Router VS6040 Visutec (figura 29), que utiliza de matérias básicos, como: papelão, MDF e compensado.

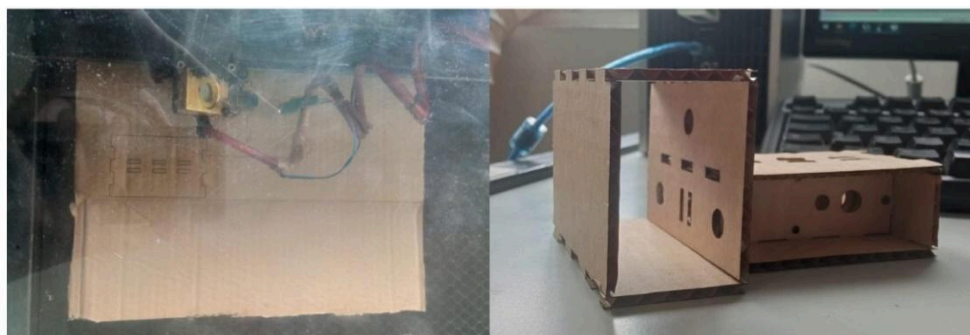
Figura 29 - Máquina de corte a laser



Fonte: autoria própria, 2025.

Para saber se está tudo correto com o protótipo do chassi. Então é feito um teste com papelão, mostrado na figura 30. E depois é finalizado com o material do tipo MDF. Pois, é mais firme e seguro para o chassi, comparado ao papelão.

Figura 30 - Teste e resultado com papelão

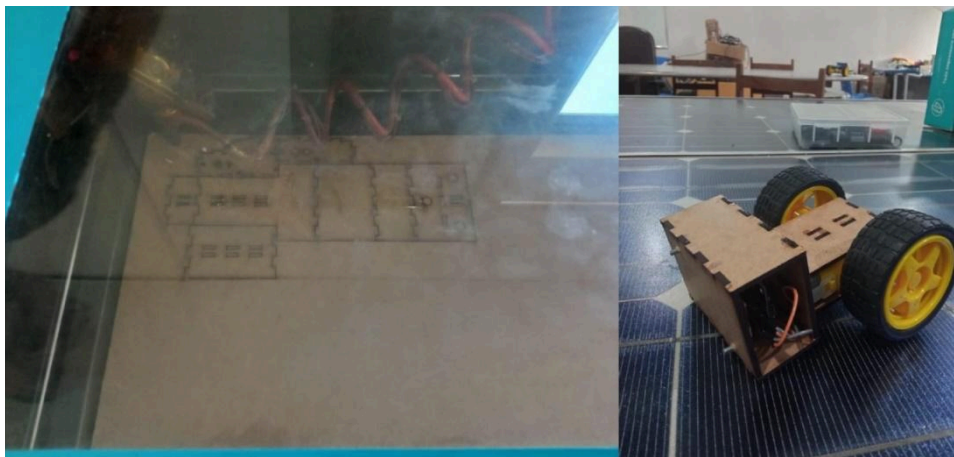


Fonte: autoria própria, 2025.

O corte do chassi é finalizado com MDF de 3 mm, como mostra a figura 31. É utilizado esse material porque não requer tanto esforço da máquina na hora do corte. Pois é um tipo de madeira mais fina comparado ao compensado, e mais resistente comparado ao papelão. É importante salientar que a máquina deixa pequenas folgas nas peças. Mas que pode ser resolvido facilmente com cola,

deixando o chassi mais firme e resistente. Ao lado da figura 31 é mostrado o resultado do chassi montado com MDF.

Figura 31 – Resultado com MDF



Fonte: autoria própria, 2025.

3. RESULTADOS E TESTES

A seguir é apresentado os resultados obtidos no decorrer do projeto.

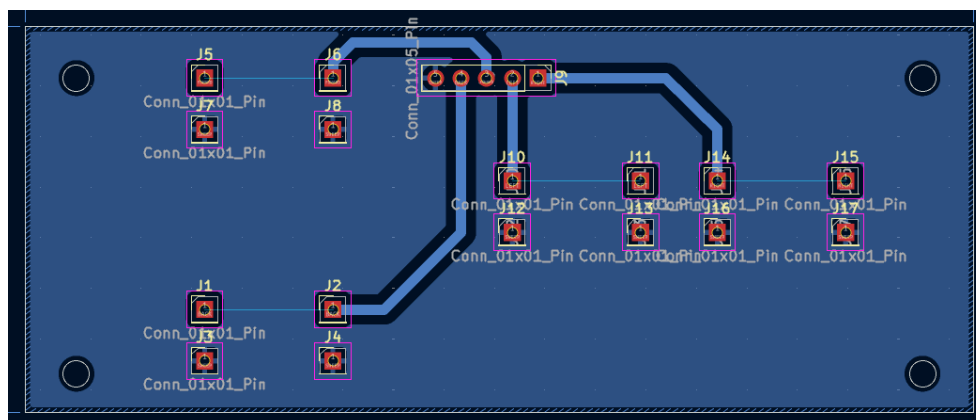
3.1 Placas de circuito impresso

Neste projeto será utilizada a placa de fenolite cobreada. É uma placa virgem que veio ao mercado para suprir a necessidade de projetistas que precisam desenvolver projetos específicos com perfeição. Desenvolvida com o intuito de proporcionar propriedades isolantes dentre terminais, a placa de fenolite para circuito impresso é produzida baseada em um componente conhecido por ser denso, termofixo e isolante, o fenolite. Construída com uma camada de cobre somente em uma das suas superfícies, a placa possui altas propriedades de condutividade, auxiliando em projetos e agregando maior segurança e praticidade. (USINAINFO, [sd]).

3.1.1 Controle

Foi feito no software KiCad o circuito do controle. Mostrado na figura 32. Que será transferido para uma placa de fenolite cobreada.

Figura 32 – Circuito do controle produzido no KiCad



Fonte: autoria própria, 2025.

Após fazer a projeção do Circuito, é feita a impressão do circuito em papel fotográfico. Depois é feito o corte da placa de fenolite (figura 33) de acordo com o tamanho do circuito.

Figura 33 – Corte da placa de fenolite



Fonte: autoria própria, 2025.

Feitos os ajustes de tamanho, o circuito é transferido para a placa de fenolite cobreada. Utilizando uma prensa térmica (figura 34), com uma temperatura aproximada à 80 C°. 60 segundos depois, a placa é retirada da prensa.

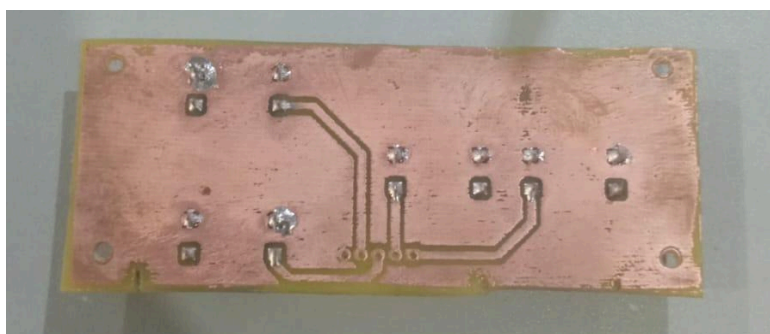
Figura 34 – Prensa térmica



Fonte: autoria própria, 2025.

Passando por um processo de corrosão. Utilizando percloro de ferro em pó, misturado com água, tendo como resultado final as trilhas completas de cobre. Por fim a placa estará pronta para receber a soldagem dos componentes. Como mostra a figura 35.

Figura 35 – Placa do controle corroída



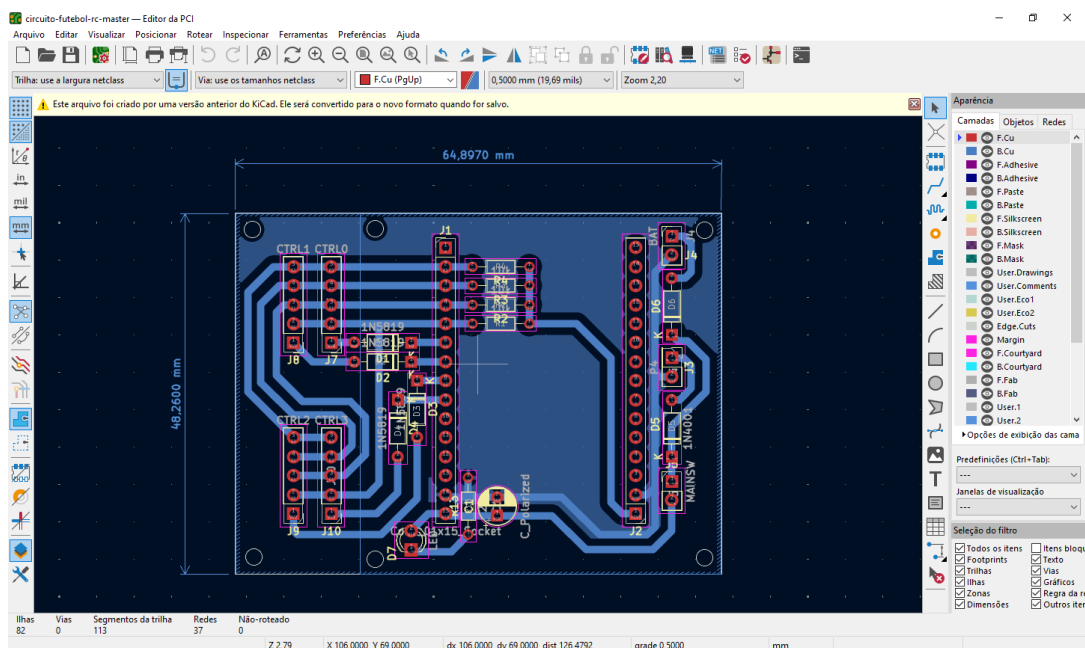
Fonte: autoria própria, 2025.

3.1.2 “Master” e “Slave”

O mesmo processo feito com o controle, citado anteriormente, também foi repetido para o “Master” e o “Slave”. Iniciando pela projeção dos circuitos:

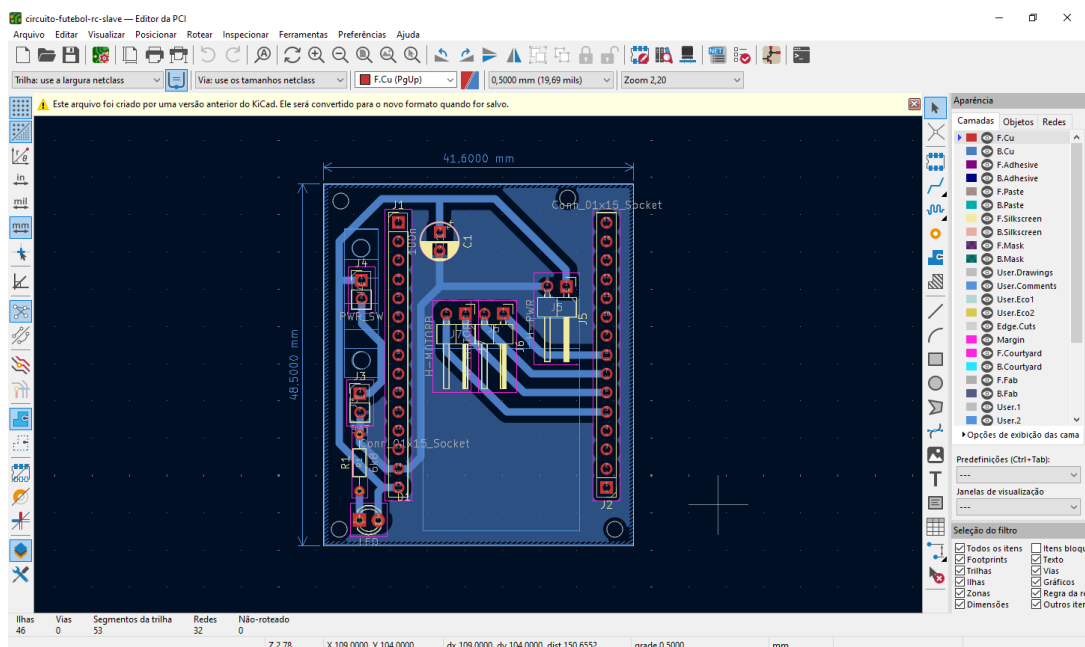
O circuito do “Master” e do “Slave” também foi feito no software Kicad. Exibido nas figuras 36 e 37.

Figura 36 – Circuito do “Master”, projetado no Kicad



Fonte: autoria própria, 2025.

Figura 37 – Circuito do “Slave”, projetado no kicad



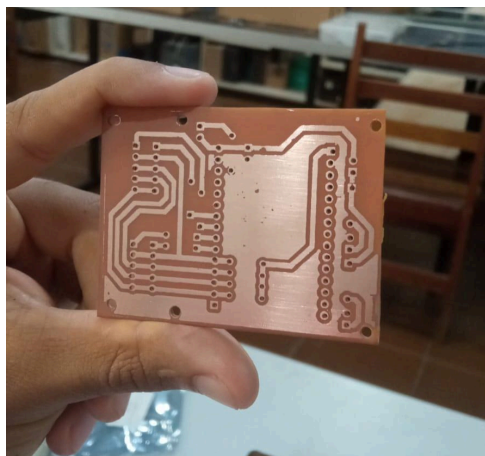
Fonte: autoria própria, 2025.

Após a projeção, é feito: a impressão, corte e transferência do circuito. Com o “Master” e o “Slave” seguindo o mesmo processo de construção do controle. Onde

também se utiliza a prensa térmica para a transferência do circuito para a placa de fenolite (figura 34).

Depois dos processos citados acima, é feita a corrosão da placa, obtendo o que é mostrado na figura 38.

Figura 38 – Resultado da corrosão



Fonte: autoria propria, 2025.

3.2 Resultados das placas soldadas

Com as placas prontas para receberem os componentes, ocorre o processo de soldagem como mostra a figura 39. Nesse processo é utilizado ferro de solda, solda e um suporte para apoiar a placa.

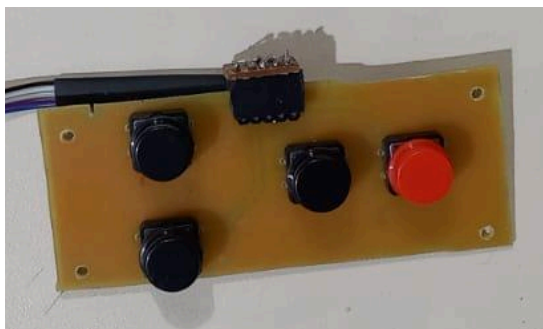
Figura 39 – Soldagem



Fonte: autoria propria, 2025.

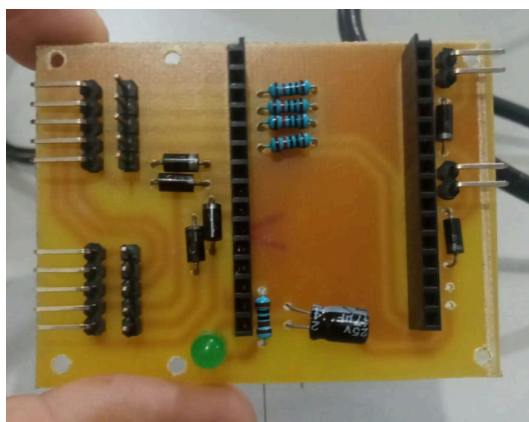
A seguir será mostrado nas figuras 40, 41 e 42, o resultado de todas as placas com todos os componentes soldados: Controle, "Master" e "Slave", respectivamente.

Figura 40 – Controle



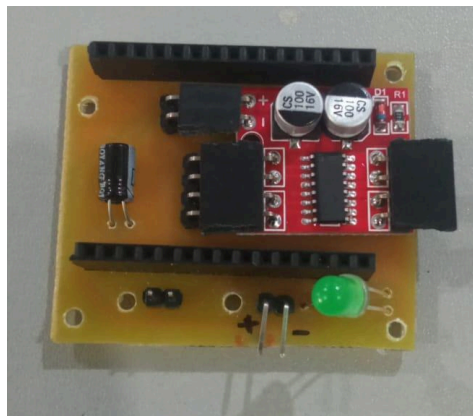
Fonte: autoria própria, 2025.

Figura 41 – "Master"



Fonte: autoria própria, 2025.

Figura 42 – "Slave"



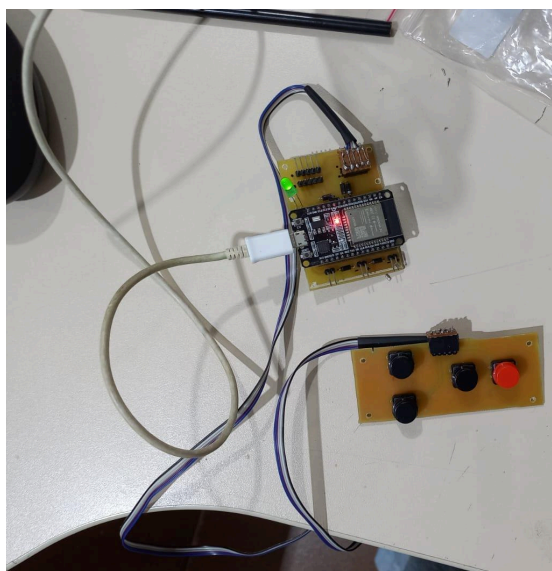
Fonte: autoria própria, 2025.

Com as placas prontas, é possível realizar as montagens e os testes. Onde neste processo é percebido o que poderá dar errado ou não.

3.3 Teste dos circuitos

Neste item será apresentado o teste dos dois circuitos, do “Master” e do “Slave”. Para realizar o teste eletrônico do “Master”. Foi montado o circuito e utilizado um cabo micro USB. Como fonte de alimentação. Mostrado na figura 43.

Figura 43 – Teste do circuito do “Master”

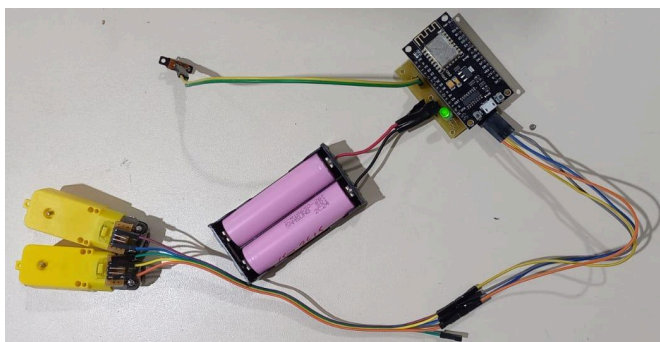


Fonte: autoria própria, 2025.

Para que o teste do “Master” seja bem-sucedido, é necessário realizar esse teste juntamente com o “Slave”. Então é feita a montagem do circuito do “Slave”, para que

o mesmo se comunique com o “Master”, como mostra a figura 44. O teste funcionou como foi programado.

Figura 44 – Teste do circuito do "Slave"

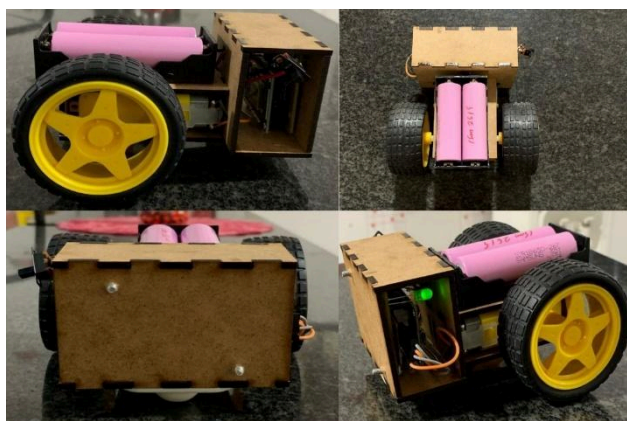


Fonte: autoria própria, 2025.

3.4 Montagem e Teste com o Chassi

Após a conclusão dos testes dos circuitos, iniciou-se a etapa final. Que consiste na instalação do “Slave” no chassi, conforme ilustrado na Figura 45. Nessa fase, verifica-se o atendimento a todas as dimensões necessárias, garantindo o encaixe preciso do circuito na estrutura.

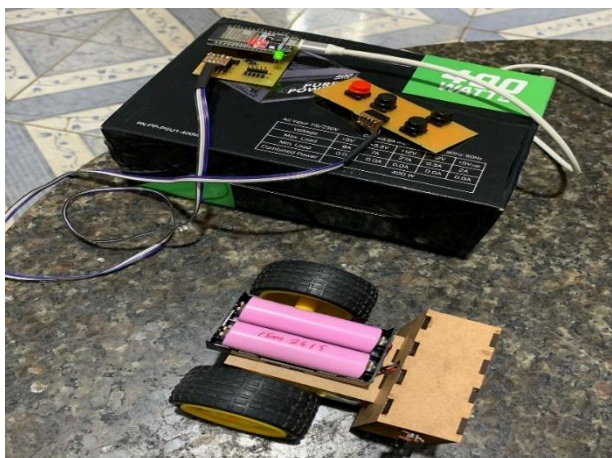
Figura 45 – Montagem e Embarcação do "Slave"



Fonte: autoria própria, 2025.

Para finalizar, é realizado o teste completo do sistema rádio controlado, conforme ilustrado na Figura 46. O teste confirmou o pleno funcionamento do sistema, comprovando sua eficácia.

Figura 46 – Teste completo do sistema rádio controlado



Fonte: autoria própria, 2025.

CONCLUSÃO

Neste trabalho, a robótica foi explorada como um meio de aprendizado, desempenhando um papel fundamental no ensino ao facilitar o acesso ao conhecimento por meio de atividades lúdicas, como o futebol de robôs. A proposta desenvolvida destaca-se pela facilidade de construção, pois utiliza componentes acessíveis e de baixo custo. Além disso, o projeto abre caminho para trabalhos futuros ainda mais eficazes, através das quatro opções citadas. Permitindo que municípios com baixos investimentos incentivem seus jovens a ingressar na área tecnológica e a desenvolver habilidades essenciais para o mercado de trabalho.

A integração dos componentes eletrônicos foi simplificada com o uso do *software* KiCad, enquanto a construção dos circuitos se mostrou prática e de fácil

manuseio. No projeto também utilizado na prática, o uso da soldagem, uma habilidade essencial em diversas áreas industriais e tecnológicas. Além disso, os componentes empregados atendem integralmente às restrições da categoria Mini, demonstrando que a robótica pode ser incentivada de forma didática e acessível. Essa iniciativa não se restringe apenas a estudantes do ensino médio, mas também pode estimular engenheiros a participarem de competições de robótica, que, atualmente, possuem um alto custo de entrada. Com essa abordagem, mostra-se a viabilidade para competir em diversas categorias, especialmente na Mini.

Para aprimoramentos futuros, sugere-se a adoção de sistemas mais avançados, como o uso de smartphones para captura e processamento de imagens. Essa solução oferece equilíbrio entre desempenho, *softwares* e custo-benefício, aproveitando a capacidade computacional dos dispositivos móveis para tornar o sistema mais simples e eficiente. Além disso, essa evolução abre novas possibilidades para o desenvolvimento do futebol de robôs autônomos, ampliando seu potencial e acessibilidade.

REFERÊNCIAS

UNIVASF. O que é o futebol de robôs. Disponível em: <http://www.univasf.edu.br/~gari/futvasf/paginas/oQueEOFutebolDeRobos.html>.

Acesso em: 08 ago. 2024.

EVENTS ROBOCORE. Regras da competição RCX – CPBR15. Disponível em: [RoboCore_Futebol_Mini_Regras_DEZ2023.docx](#). Acesso em: 19 ago. 2024.

FIRA. FIRA RoboWorld Cup. Disponível em: <https://firaworldcup.org/>. Acesso em: 19 ago. 2024.

ROBOCUP BRASIL. Competição Brasileira de Robótica. Disponível em: <https://cbr.robocup.org.br/>. Acesso em: 19 ago. 2024.

MOURA, J. F.; ALMEIDA, R. P.; COSTA, L. D. Robótica educacional: desafios e soluções para competições de baixo custo. Revista Brasileira de Robótica, v. 14, p. 45-58, 2019.

UOL EDUCAÇÃO. Robôs jogam futebol e lutam sumô na automática 2011. Disponível em: https://educacao.uol.com.br/album/amistoso-robos-unicamp_album.htm. Acesso em: 16 fev. 2025.

ROBO CORE EXPERIENCE. Futebol Mini. Disponível em: <https://www.robocoreexperience.com/>. Acesso em: 16 fev. 2025.

ROBOTOOLS. 12x12x7.3mm Tactile Push Button Switch-10Pcs. Disponível em: <https://robotools.in/shop/electronic-components/mechanical-switches/12x12x7-3mm-tactile-push-button-switch-10pcs/>. Acesso em: 27 fev. 2025

MEGATRONICA. Botão grande de 4 pinos com tampa. Disponível em: <https://megatronica.cc/producto/pulsador-grande-de-4-pines-con-tapa/>. Acesso em: 27 fev. 2025.

USINAINFO. Placa de Fenolite Cobreada Simples 10x10 cm para Circuito Impresso. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/placa-de-fenolite/placa-de-fenolite-cobreada-simples-10x10-cm-para-circuito-impresso-3469.html>. Acesso em 27 fev. 2025.

HERTZ AF. O que é: Interruptor de Botão. Disponível em: <https://www.hertzeletrica.com.br/glossario/o-que-e-interruptor-de-botao-guia-completo/>. Acesso em: 05 mar. 2025.

CASA DA ROBÓTICA. Placa Esp32 com Wi-fi, Bluetooth Esp32s Ide Dual Core - Dev Kit v1. Disponível em: <https://www.casadarobotica.com/internet-das-coisas/placas/esp/placa-esp32-com-wi-fi-bluetooth-esp32s-ide-dual-core>. Acesso em: 07 mar. 2025.

CASA DA ROBÓTICA. Placa ESP-12 Nodemcu V3 Wifi 802.11 B/g/n Esp8266 Esp 12. Disponível em: <https://www.casadarobotica.com/internet-das-coisas/placas/esp/placa-esp-nodemcu-v3-wifi-802-11-b-g-n>. Acesso em: 07 mar. 2025.

PROPEQ. Como saber a viabilidade técnica de um projeto. Disponível em: <https://propeq.com/viabilidade-tecnica-de-um-projeto/>. Acesso em: 07 mar. 2025.

CRUZ, Eduardo Cesar Alves. “Dispositivos Semicondutores - Diodos e Transistores”. São Paulo: Érica, 13. Ed., 2025.

APÊNDICE A – CÓDIGO DO PROJETO

- <https://github.com/joaozex2001/Projeto-de-robos-para-campeonato-de-futebol-com-sistema-de-controle-remoto>