



Aula 35 - Robô equilibrista [parte II]
Módulo 4

GOVERNADOR DO ESTADO DO PARANÁ

Carlos Massa Ratinho Júnior

SECRETÁRIO DE ESTADO DA EDUCAÇÃO

Roni Miranda Vieira

DIRETOR DE TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Claudio Aparecido de Oliveira

COORDENADOR DE TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS

Marcelo Gasparin

Produção de Conteúdo

Viviane Dziubate

Darice Alessandra Deckmann Zanardini

Validação de Conteúdo

Roberto Carlos Rodrigues

Viviane Dziubate

Revisão Textual

Kellen Pricila dos Santos Cochinski

Projeto Gráfico e Diagramação

Edna do Rocio Becker

Apoio Técnico

Equipe UFMS

Introdução

Bem-vindos à aula 35, um marco fundamental em nossa jornada de construção do robô equilibrista! Na aula anterior, com maestria, transformamos simples folhas de papelão em uma estrutura física robusta e funcional. Agora, preparem-se para a fase em que o nosso robô ganhará vida, movimento e, o mais importante, a capacidade de desafiar a gravidade. Nesta etapa, mergulharemos no fascinante mundo da eletrônica, integrando os componentes que serão o cérebro, os músculos e os sentidos do nosso projeto. A precisão e o entendimento de cada conexão serão cruciais para que, em breve, possamos vê-lo equilibrar-se com autonomia.

Objetivos desta aula

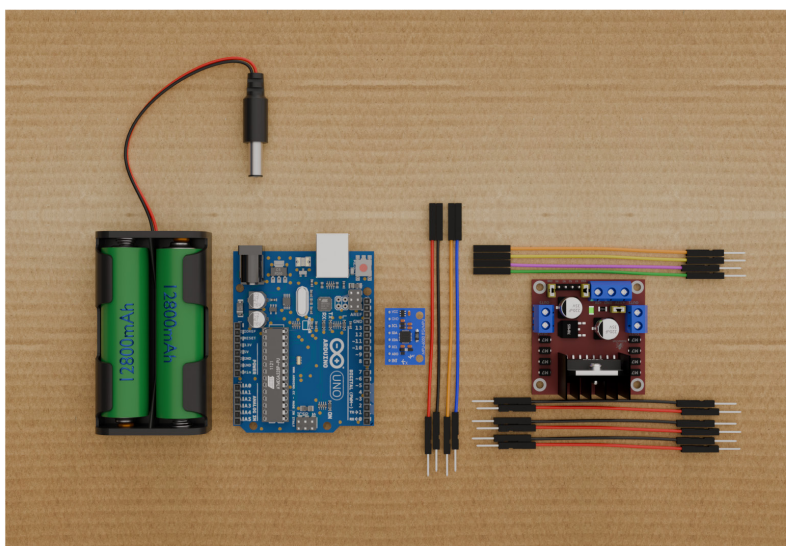
- Reconhecer cada componente eletrônico da nossa lista de materiais e compreender sua função essencial no sistema do robô equilibrista;
- Realizar as interconexões elétricas entre o Arduino Uno, a ponte H, os motores DC, o acelerômetro e giroscópio 3 eixos 6 DOF MPU-6050 e a case e baterias 18650, utilizando os jumpers, seguindo os diagramas e as melhores práticas de montagem;
- Fixar de forma segura e organizada todos os componentes eletrônicos na estrutura de papelão previamente montada, garantindo que o cabeamento seja limpo e funcional;
- Deixar o protótipo eletronicamente montado e pronto para a próxima fase, a programação e a calibração, pavimentando o caminho para os testes de equilíbrio.

Lista de materiais

- Estrutura de papelão montada: a base física do nosso robô, finalizada na aula anterior, que inclui os dois motores DC devidamente encaixados e suas rodas já fixadas. Essa será a plataforma onde todos os componentes eletrônicos serão instalados.
- Case e baterias 18650;
- Arduino Uno;
- Ponte H;
- Acelerômetro e giroscópio 3 eixos 6 DOF MPU-6050;
- Fios jumper (6 macho-macho e 8 macho-fêmea).



Figura 1 – Lista de materiais





Montagem dos componentes eletrônicos

Na aula 34, vocês já realizaram um trabalho fantástico montando o esqueleto físico do nosso robô equilibrista. Isso é um marco importante, pois nos dá a base sólida para o que vem a seguir.

Agora, na aula 35, nosso foco total será em dar vida a essa estrutura, conectando todos os componentes eletrônicos que farão o robô se mover, sentir e, crucialmente, se equilibrar. Vamos ligar os motores, instalar a ponte H – que é como o "músculo" que comanda os motores – e integrar o nosso principal sensor de equilíbrio: o acelerômetro (MPU-6050), que será os "olhos e o labirinto" do nosso robô.

Vamos trabalhar com precisão e segurança, garantindo que cada fio esteja no lugar certo. A etapa de programação da aula 36 dependerá de uma montagem eletrônica bem-feita, então vamos caprichar!

Identificando e preparando os motores

Seus motores DC geralmente têm dois terminais. Se os fios ainda não estiverem conectados, solde-os aos terminais, usando fios com bitola adequada. A bitola é importante para os fios suportarem a corrente que passa por eles.

Conectando os motores na ponte H

A ponte H é um componente essencial: ela permite controlar a direção e a velocidade dos nossos motores DC. Pense nela como a central de comando que diz aos motores para girar para frente, para trás ou parar.

- Terminais OUT1 e OUT2: conecte os dois fios de um motor nos terminais OUT1 e OUT2 da ponte H.
- Terminais OUT3 e OUT4: conecte os dois fios do outro motor nos terminais OUT3 e OUT4 da ponte H.

Importante: não se preocupem com a polaridade dos fios dos motores neste momento. Isso significa que não importa qual fio vai no OUT1 ou no OUT2. Mais tarde, quando formos programar e testar, se o motor girar no sentido contrário ao esperado, basta inverter a posição desses dois fios. Simples, não é?

Alimentando a ponte H: uma etapa crítica e segura

A ponte H precisa de energia para funcionar e controlar os motores. Essa energia pode vir do próprio Arduino ou de uma fonte externa, dependendo do motor que estamos usando.

Conexão inicial (para motores de baixa potência)

- Alimentação da ponte H: utilizando jumpers macho-macho, conecte o pino de 12V da ponte H ao pino VIN do Arduino.
- Aterramento: conecte o pino GND da ponte H diretamente ao pino GND do Arduino.

ATENÇÃO ESPECIAL: protegendo seu Arduino!

A porta VIN do Arduino tem limitações importantes de corrente e tensão. Usá-la de forma inadequada, especialmente com motores mais potentes, pode danificar o Arduino permanentemente.

- Verifiquem o kit: os motores DC que acompanham o kit (3-6V, corrente sem carga $\leq 200\text{mA}$ a 6V ou $\leq 150\text{mA}$ a 3V) e a fonte (9V 1A) são compatíveis com a porta VIN do Arduino sob condições normais de uso.
- Motores mais potentes: se você, por algum motivo, for usar um motor diferente, mais potente, é altamente recomendável utilizar uma fonte externa exclusiva para a ponte H.

Como usar uma fonte externa (para motores mais potentes)

Se for necessária uma fonte externa:

- Conecte o polo positivo da fonte externa ao pino 12V da ponte H.
- Conecte o polo negativo da fonte externa ao pino GND da ponte H.
- Muito importante: conecte também o GND da ponte H ao GND do Arduino. Isso garante um "terra" comum entre os componentes, fundamental para a comunicação funcionar.
- O Arduino continuará sendo alimentado pela sua fonte original (USB ou fonte externa dele).

Priorizar a segurança é sempre a melhor estratégia para o sucesso do projeto!

Conectando a ponte H ao Arduino: o controle

Agora que a ponte H está alimentada e conectada aos motores, precisamos dizer ao Arduino como controlá-la. Faremos isso conectando os pinos de controle da ponte H (IN1 a IN4) às portas digitais PWM do Arduino.

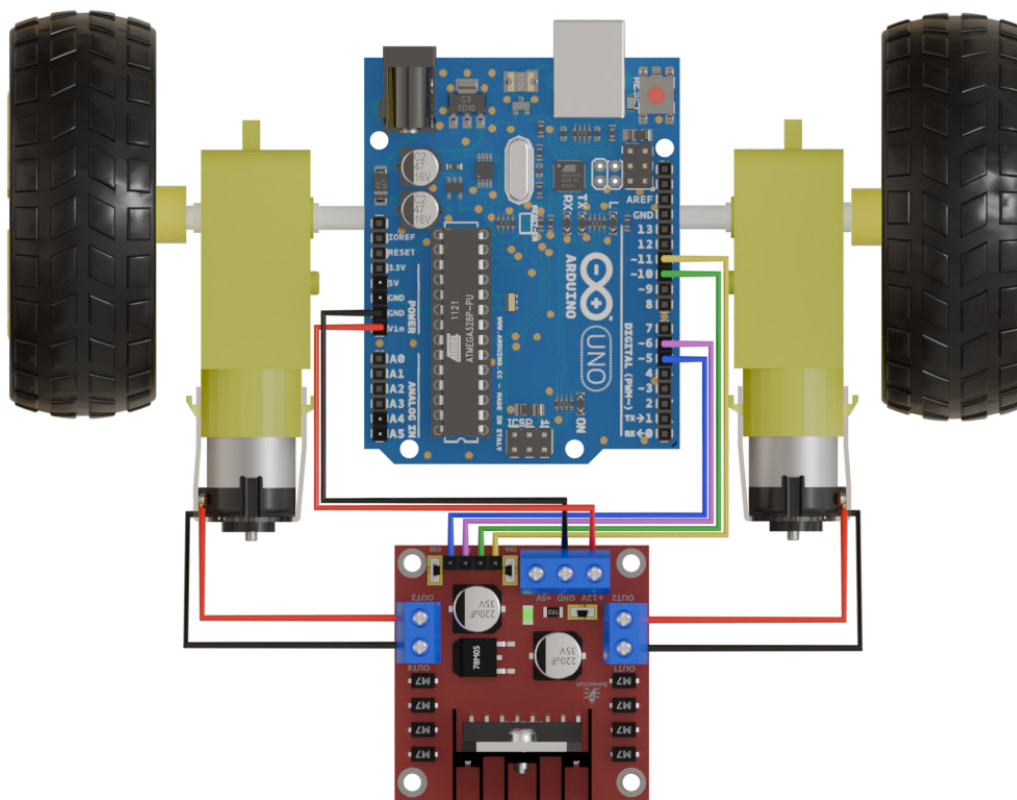
Utilizando 4 jumpers macho-fêmea:

Pinos Ponte H	IN1	IN2	IN3	IN4
Portas PWM Arduino	~11	~10	~6	~5

Dica essencial: a Tabela 1 acima mostra as conexões. É crucial que os pinos IN1 a IN4 da ponte H sejam conectados às portas digitais do Arduino que suportam PWM (Pulse Width Modulation), identificadas pelo símbolo ~. Essa capacidade PWM é o que nos permitirá controlar a velocidade e, conseqüentemente, a potência dos motores de forma eficaz, montagem detalhada na Figura 2.



Figura 2 – Conexão da ponte H



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Integrando o acelerômetro MPU-6050: os sentidos do equilíbrio

O MPU-6050 é o nosso sensor de balanço! Ele mede a aceleração e a rotação do robô em 3 eixos, o que nos permite saber exatamente como ele está inclinado e para onde está se movendo. Isso é fundamental para a função de equilíbrio.

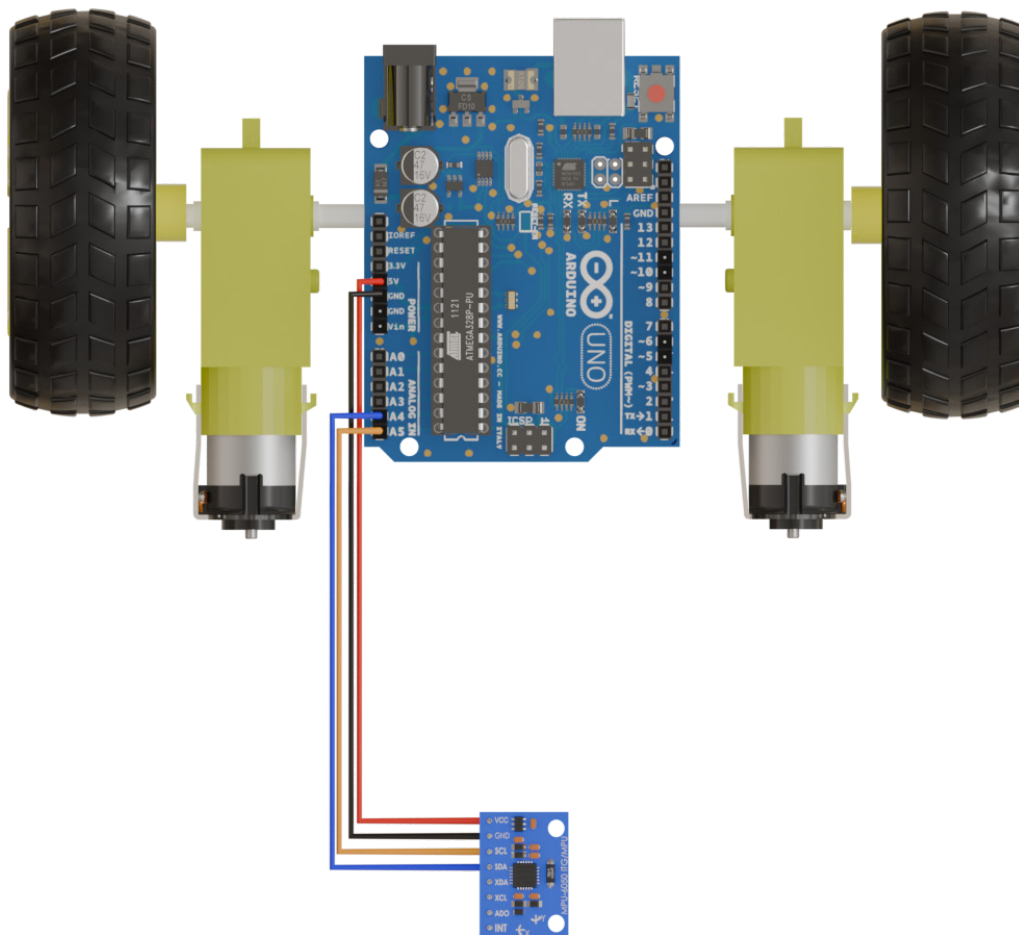
Para conectar o MPU-6050 ao Arduino, utilizaremos 4 jumpers (macho-fêmea), conforme a Figura 3, conecte:

1. VCC do MPU-6050 ao 5V do Arduino.
2. GND do MPU-6050 ao GND do Arduino.
3. SDA (Serial Data) do MPU-6050 ao pino A4 do Arduino (comunicação I2C).
4. SCL (Serial Clock) do MPU-6050 ao pino A5 do Arduino (comunicação I2C).

Lembrem-se: sempre verifiquem os limites de corrente e tensão de todos os componentes antes de fazer qualquer conexão para evitar danos.



Figura 3 - Conexão do acelerômetro

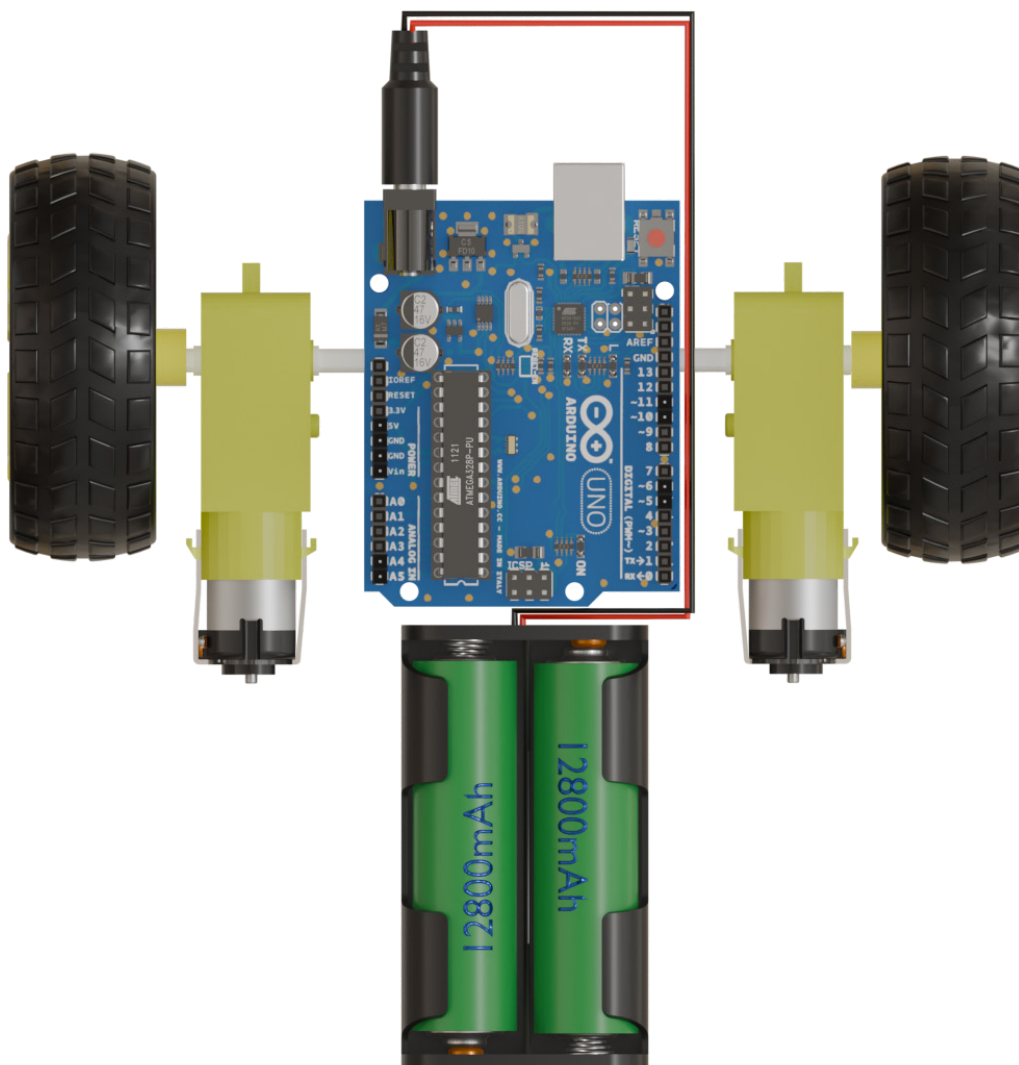


Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Diferente de alguns protótipos já desenvolvidos nas aulas anteriores, o equilibrista exige respostas ultrarrápidas dos motores. Por isso, hoje vamos elevar o nível do nosso projeto utilizando baterias 18650, conforme representado na Figura 4, conectadas ao Arduino pelo plug P4 depois que a programação completa for carregada ao Arduino.



Figura 4– Baterias



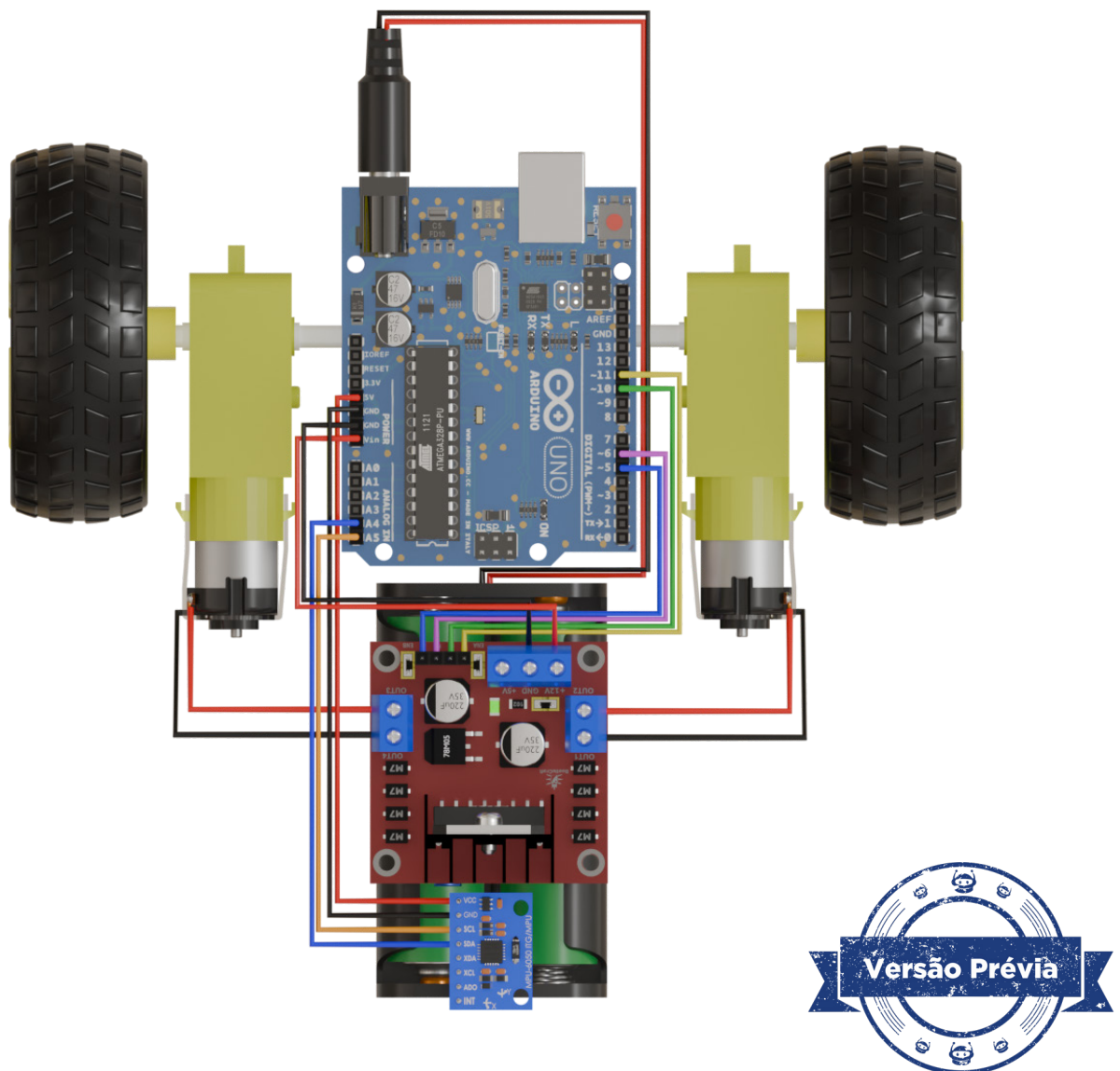
Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Na Figura 5, podemos observar como deve ficar a configuração final da montagem eletrônica de todos os componentes integrados. Essa imagem serve como o nosso mapa visual para garantir que cada jumper e componente esteja no lugar certo.

☐☐ **ATENÇÃO MUITO IMPORTANTE:** embora a bateria já apareça conectada na Figura 5 para ilustrar o esquema completo, não conectem a bateria ao circuito agora. É fundamental que a alimentação só seja estabelecida após realizarmos a programação na aula 36. Isso evita que o robô execute movimentos inesperados ou sofra picos de corrente antes de o "cérebro" (Arduino) estar devidamente configurado para controlar o equilíbrio.



Figura 5 - Montagem eletrônica



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

□ Dicas de segurança e boas práticas na montagem

Isolamento de placas: é superimportante evitar que as placas eletrônicas (Arduino, ponte H, MPU-6050) entrem em contato com parafusos metálicos ou outras partes condutoras do chassi do robô. Isso pode causar curtos-circuitos e danificar os componentes. Uma ótima ideia é usar fita adesiva isolante sobre os parafusos ou em áreas de contato para criar uma barreira protetora.

Conexões firmes: ao fixar os fios nos bornes da ponte H com a chave de fenda, certifique-se de que estejam bem apertados. Fios soltos podem causar mau contato ou até mesmo se soltar durante o movimento do robô.

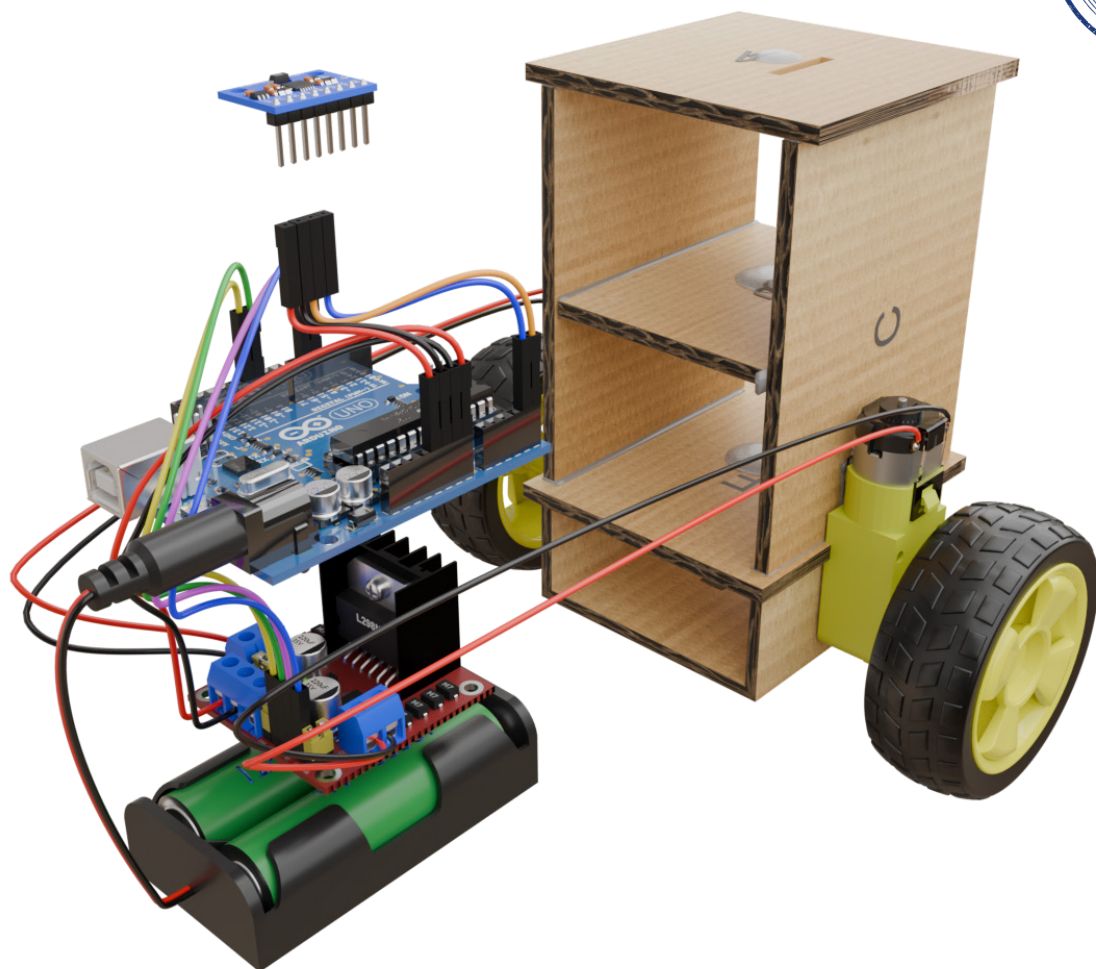
Revisão final: antes de ligar qualquer alimentação, faça uma revisão completa de todas as suas conexões. Verifique cada jumper, cada fio e cada pino. É uma etapa simples que pode evitar muitos problemas.

Agora, vamos começar a encaixar a parte eletrônica ao esqueleto do nosso robô equilibrista, conforme ilustrado na Figura 6 - só observe que o acelerômetro ficará desconectado

temporariamente para os encaixes (remova com cuidado os 4 fios do acelerômetro, lembrando - ou anotando - a cor de cada um para as portas VCC, GND, SDA e SCL). Nessa etapa, a organização é fundamental para garantir que o robô tenha um bom desempenho e estabilidade.

Ao fixar os componentes, busquem manter o peso bem distribuído na estrutura em papelão do robô equilibrista. O acelerômetro (MPU-6050), em especial, deve ficar bem firme e preferencialmente centralizado na estrutura, pois qualquer vibração ou folga na fixação pode enviar dados "sujos" para o Arduino, dificultando o equilíbrio.

Figura 6 – Encaixe das peças no corpo do robô



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Passo a passo para a reconexão do acelerômetro ao Arduino:

Passe os fios: insira os jumpers pelo orifício de baixo para cima.

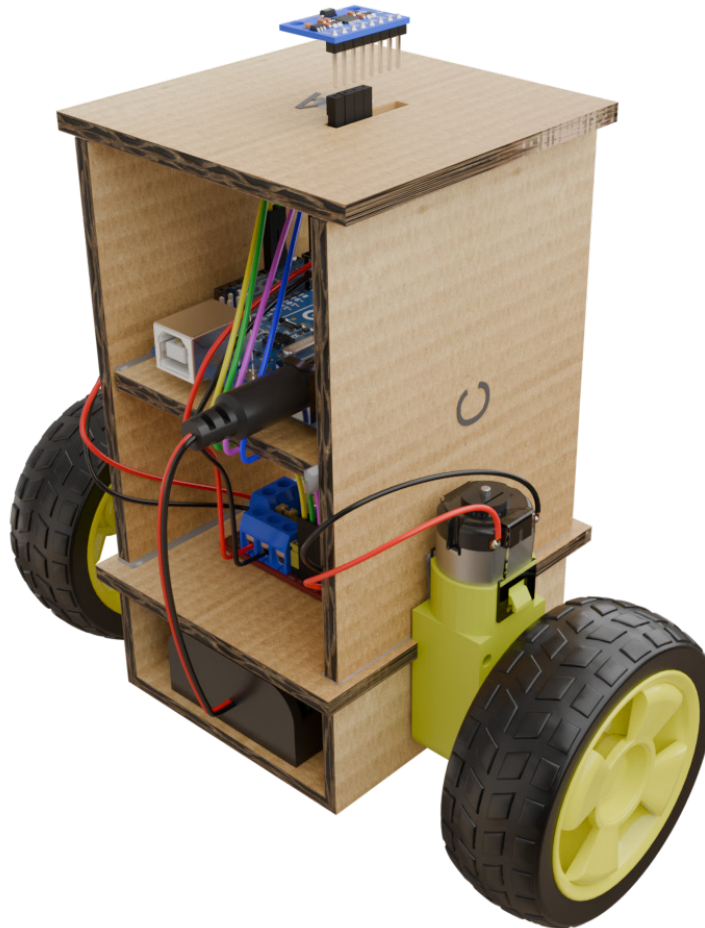
Reconecte com atenção: encaixe os fios novamente no sensor, seguindo exatamente o esquema anterior ou as anotações que você fez. Uma conexão invertida aqui pode impedir o robô de iniciar na próxima aula.

Fixação: após reconectar, certifique-se de que o acelerômetro esteja bem colado ou

fixado horizontalmente. Se ele ficar "bambo", o robô nunca encontrará o ponto de equilíbrio.

□ **LEMBRETE DE SEGURANÇA:** mesmo que as figuras mostrem o sistema completo, reforçamos: **NÃO CONECTEM A BATERIA AINDA.** Estamos preparando o hardware; a energia só entrará em cena quando o código de controle estiver pronto na aula 36.

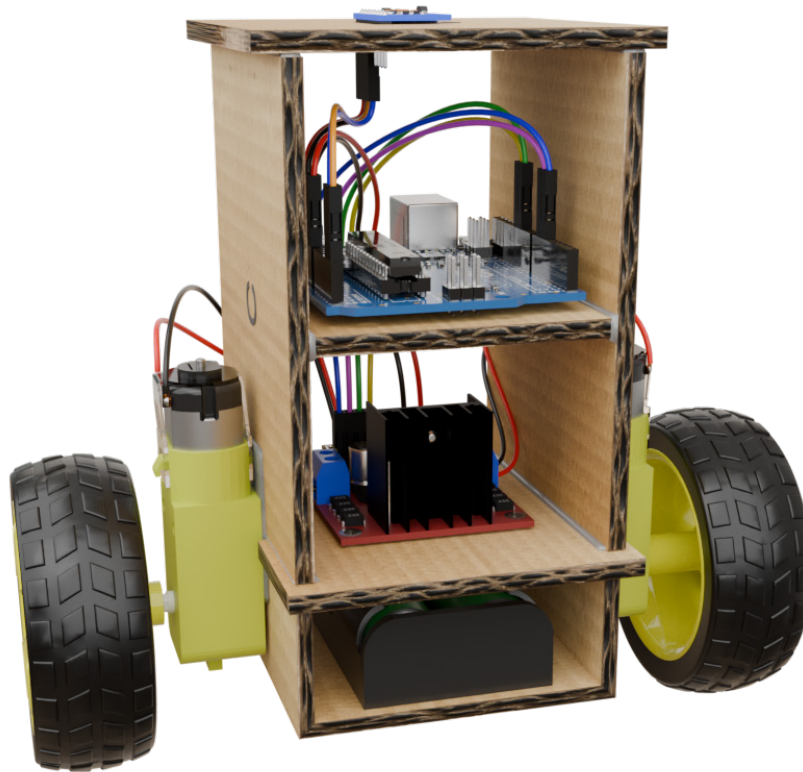
Figura 7 – Encaixe do acelerômetro



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

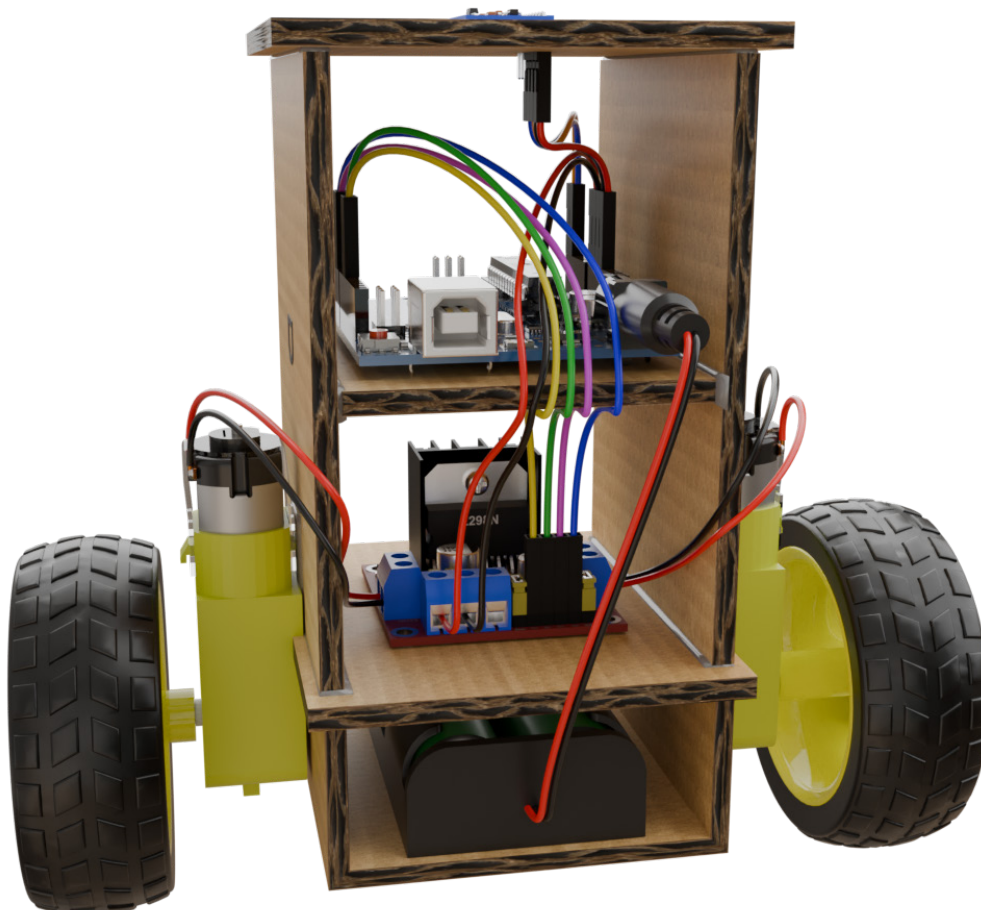
Agora, nosso robô está totalmente pronto para o próximo grande passo: a inteligência! Nas Figuras 8, 9 e 10, vocês podem observar detalhadamente como ele deve ficar após a conclusão dessa etapa. Vejam como a organização dos fios e a fixação firme do acelerômetro no topo garantem um aspecto profissional e funcional ao protótipo.

Figura 8 - Robô pronto posição 1



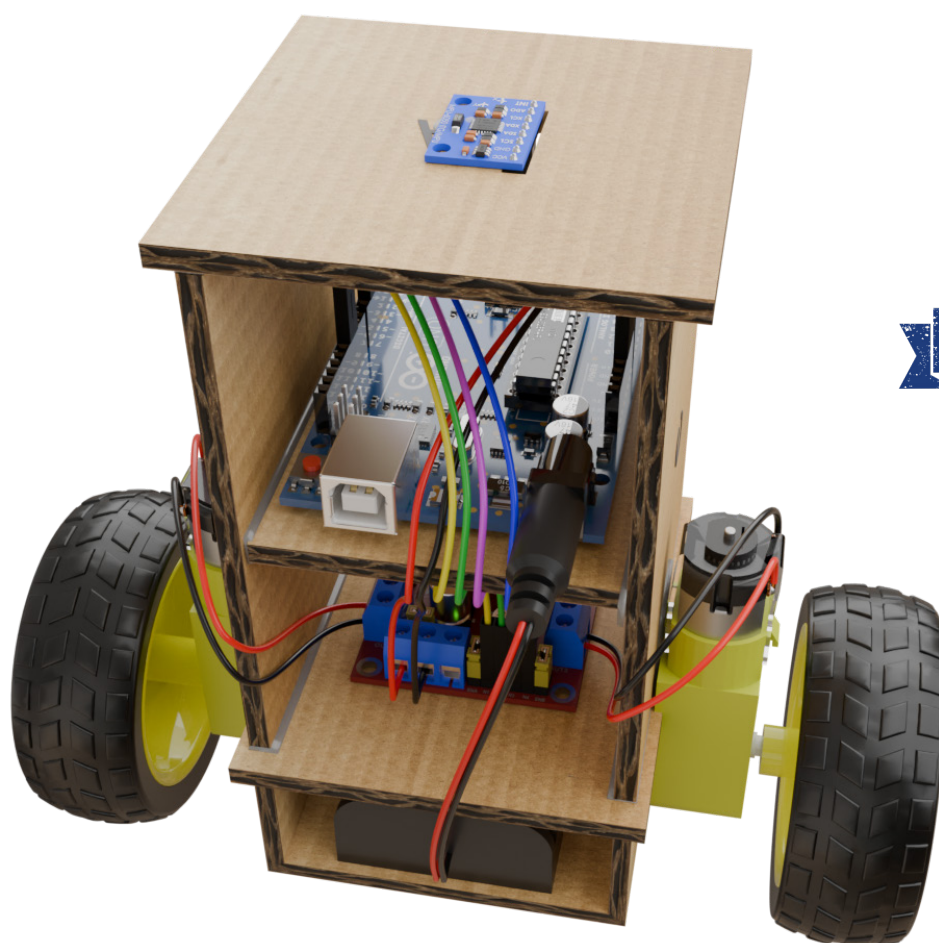
Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Figura 9 – Robô pronto posição 2



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Figura 10 - Robô pronto posição 3



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

[Confira os detalhes da montagem no modelo 3D do robô equilibrista!](https://skfb.ly/pFOZI)
<https://skfb.ly/pFOZI>

Este é o momento de admirar o trabalho em equipe e a precisão técnica aplicada. O esqueleto está montado, os "músculos" (motores) estão ligados e os "sentidos" (acelerômetro) estão no lugar certo. Agora, o robô repousa, aguardando apenas a programação da aula 36, onde daremos a ele a capacidade de processar dados e desafiar a gravidade.

Desafios:

Agora que a montagem eletrônica está concluída e integrada à estrutura, vamos colocar à prova o que construímos antes de partirmos para a lógica da aula 36. Lembrem-se: na robótica de precisão, o equilíbrio físico da base facilita o trabalho do código. Grupos, preparem-se para os dois desafios técnicos:

1. Desafio da distribuição de massa (Física Aplicada) □

Sem ligar os motores, tentem encontrar o "ponto cego" do equilíbrio da base do robô. Coloquem a base em pé e observem para qual lado ela tomba com mais facilidade.

O desafio é garantir que a bateria 18650 e o Arduino estejam perfeitamente alinhados com o eixo central das rodas. Se a base estiver "pesada" para um dos lados agora, o motor terá que gastar o dobro de energia para corrigir esse erro na próxima aula. Ajustem os componentes até que a base pareça o mais neutra possível.

2. Desafio do algoritmo mental (Pensamento Computacional)

Imaginem que a base do nosso robô inclinou 10 graus para a frente. Sem usar código ainda, escrevam em papel o raciocínio que o Arduino deve seguir para salvar o robô de uma queda:

Se a inclinação é para a frente, em qual direção as rodas devem girar para a base recuperar o centro de gravidade?

Desenhem uma seta indicando o movimento das rodas e expliquem: o robô deve "fugir" da queda ou "correr para baixo" dela? Esse é o princípio do Pêndulo Invertido.

E se...

- O centro de massa estiver muito para um dos lados? O robô terá um "vício" de inclinação, e teremos que compensar isso via programação (offset) na Aula 36 para ele não andar sozinho.

- Conectarmos a bateria antes de enviar o código? Como os pinos do Arduino podem iniciar em estados aleatórios, os motores podem disparar em velocidade máxima, causando uma queda acidental.

Feedback e finalização

Chegamos ao final da nossa montagem eletrônica e o resultado é empolgante! Agora, vamos realizar a nossa "Clínica de Robótica": circulem pela sala e observem as bases dos outros grupos. Comparem a organização dos fios e a firmeza do acelerômetro; muitas vezes, um detalhe que um colega resolveu pode ser a solução para o seu projeto.

O uso da bateria 18650 e a fixação estratégica do MPU-6050 no topo não foram escolhas aleatórias. Essas decisões garantem que o robô tenha energia de sobra para reagir e um "sentido de equilíbrio" livre de interferências mecânicas.

Reflitam sobre o que construímos: transformamos um esqueleto inerte em um sistema integrado com sensores e atuadores. A montagem de hoje é a prova de que a física (distribuição de massa) e a eletrônica (fluxo de corrente) precisam caminhar juntas para a programação funcionar. Guardem seus robôs com cuidado, verifiquem se nada ficou solto e preparem-se para o grande desafio da próxima aula.



Na aula 36, daremos vida a esse hardware! Vamos transformar as leituras de ângulo em comandos de velocidade, desafiando a gravidade em tempo real. Lembrem-se: o sucesso do equilíbrio que veremos a seguir depende 50% da montagem impecável que vocês acabaram de concluir. Nos vemos na próxima etapa!

REFERÊNCIAS

ARDUINO. **Documentação de Referência da Linguagem Arduino**. Disponível em: <https://www.arduino.cc/reference/pt/>. Acesso em: 10, nov. 2025.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL (UFMS)
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO (FACOM)

PROFESSORES

- Amaury Antônio de Castro Junior
- Anderson Corrêa de Lima
- Glauder Guimarães Ghinozzi
- Graziela Santos de Araújo
- Said Sadique Adi



ESTUDANTES

- Bruno Pereira Wesner da Silva - Engenharia de Computação
- Caetano de Medeiros Santana - Sistemas de Informação
- Fernanda das Neves Merqueades Santos - Ciência da Computação
- Filipe de Andrade Machado - Ciência da Computação
- Gabriel Pereira Falcão - Ciência da Computação
- Guilherme Siqueira Fiani - Engenharia de Software
- Jenniffer Oliveira Checchia - Ciência da Computação
- Maria Paula do Nascimento Santos - Engenharia de Computação
- Pedro Paulo de Oliveira Andrade - Ciência da Computação
- Vinicius Wagner da Silva - Engenharia de Software

**DIRETORIA DE TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO (DTI)
COORDENAÇÃO DE TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS (CTE)**

EQUIPE ROBÓTICA PARANÁ

Adilson Carlos Batista

Ailton Lopes

Andrea da Silva Castagini Padilha

Cleiton Rosa

Darice Alessandra Deckmann Zanardini

Edna do Rocio Becker

Kellen Pricila dos Santos Cochinski

Marcelo Gasparin

Michele Serpe Fernandes

Michelle dos Santos

Roberto Carlos Rodrigues

Sandra Aguera Alcova Silva

Viviane Dziubate



Os materiais, aulas e projetos da “Robótica Paraná” foram produzidos pela Coordenação de Tecnologias Educacionais (CTE), da Diretoria de Tecnologia e Inovação (DTI), da Secretaria de Estado da Educação Paraná (SEED), com o objetivo de subsidiar as práticas docentes com os estudantes por meio da Robótica.

Este material foi produzido para uso didático-pedagógico exclusivo em sala de aula.

Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons



[Atribuição–NãoComercial–Compartilhalqual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

(CC BY-NC-SA 4.0)