

**Aula 34 - Robô equilibrista [parte I]
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

Roberto Carlos Rodrigues

Viviane Dziubate

Validação de Conteúdo

Darice Alessandra Deckmann Zanardini

Revisão Textual

Kellen Pricila dos Santos Cochinski

Projeto Gráfico e Diagramação

Edna do Rocio Becker

Apoio Técnico

Equipe UFMS

2025

Introdução

Vamos mergulhar no mundo fascinante do robô equilibrista, uma máquina que desafia a gravidade como um hoverboard ou uma bicicleta que não cai, inspirada em dispositivos como segways que aplicam princípios de física como equilíbrio dinâmico, centro de massa e torque para se manter em pé sobre duas rodas.

Figura 1 - Hoverboard



Fonte: [Wikimedia Commons](#).



Figura 2 - Segway



Fonte: [Wikimedia Commons](#).

Utilizando materiais simples como papelão reciclado, esta aula introduz o projeto criando uma estrutura leve e adaptável, que serve de base para as integrações eletrônicas nas etapas subsequentes. Conceitos fundamentais de mecânica – forças gravitacionais, momentos de inércia e estabilidade estática – são explorados de forma prática, transformando teoria em construção real com programação visual e intuitiva no mBlock, conectando torque, centro de massa e aceleração à robótica acessível. Essa abordagem hands-on incentiva a experimentação com protótipos que simulam veículos autônomos, preparando o terreno para circuitos e programação, e fomentando criatividade em engenharia para jovens exploradores da ciência. O objetivo é criar um protótipo simples

que "sente" o equilíbrio e reage, iniciando o caminho para finalizar a montagem física na Aula 35 e programar e se divertir com os testes na Aula 36.

Pense nisto: um robô de duas rodas que fica em pé sozinho, corrigindo inclinações em tempo real. Não é mágica – é física aplicada! Com um sensor MPU-6050 (acelerômetro e giroscópio), medimos acelerações e rotações, e programamos respostas com motores DC. Os loops e condições no mBlock transformam dados em ação, de um jeito que todo mundo pode entender e ajustar. Prontos para equilibrar teoria e prática? Vamos nessa, passo a passo, com paciência e curiosidade.

Objetivos desta aula

- Compreender os princípios de equilíbrio dinâmico, centro de massa e torque, e como eles se aplicam a estruturas de duas rodas (como em hoverboards ou segways), prevendo estabilidade em protótipos mecânicos por meio de observações práticas;
- Identificar forças gravitacionais, momentos de inércia e estabilidade estática em protótipos mecânicos, reconhecendo como materiais leves, como papelão, influenciam a distribuição de peso e a resistência a inclinações;
- Explorar equilíbrio dinâmico com programação visual inicial no mBlock, criando blocos simples que simulam detecção de inclinação e respostas motorizadas, preparando um protótipo que reage a desequilíbrios como um hoverboard real;
- Projetar e montar uma estrutura leve com papelão reciclado, integrando rodas e suportes para testar o centro de massa manualmente e otimizar a estabilidade estática contra forças gravitacionais.

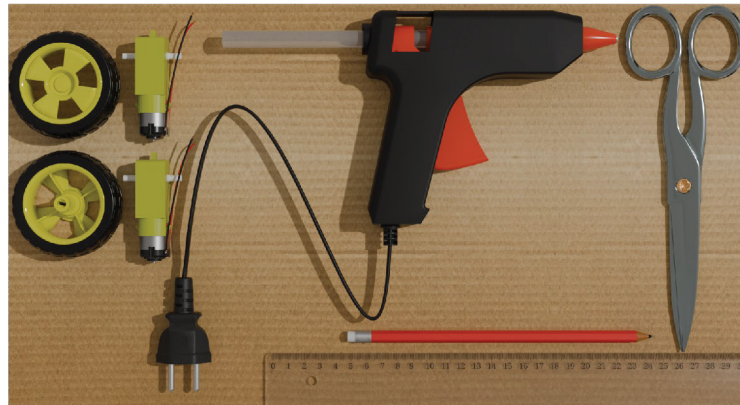
Lista de materiais

- Papelão corrugado (espessura média, ~5 mm);
- Régua e marcador permanente (para medir e marcar recortes precisos, garantindo simetria e alinhamento das peças, como mostrado nas figuras de gabarito e colagem);



- Estilete ou tesoura;
- Cola quente e pistola de cola;
- 2 motores DC;
- 2 rodas.

Figura 3 – Lista de materiais



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Roteiro da aula

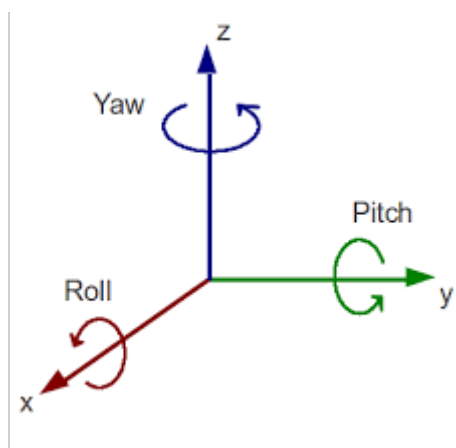
Contextualização

O equilíbrio dinâmico refere-se à capacidade de uma estrutura de duas rodas se manter estável durante o movimento, diferentemente da estabilidade estática, a qual é o repouso sem inclinação – imagine uma bicicleta que só fica de pé quando pedala, graças ao torque gerado pelas rodas contrabalançando forças gravitacionais. O centro de massa, o "ponto de equilíbrio" imaginário onde toda a massa parece concentrada, deve ser mantido baixo e central na estrutura para minimizar tombos; se deslocado, o torque (força rotacional, resultante da gravidade, atuando a uma distância do eixo) causa rotação involuntária, como um brinquedo que vira de lado. Forças gravitacionais puxam a estrutura para baixo, enquanto momentos de inércia resistem a mudanças de rotação, tornando a estrutura mais "preguiçosa" em inclinações-

rápidas – em protótipos leves como o de papelão, esses efeitos são visíveis imediatamente ao testar inclinações manuais.

No funcionamento do robô equilibrista, esses conceitos se integram: o sensor MPU-6050, um acelerômetro e giroscópio de 3 eixos, detecta acelerações lineares (devido à gravidade) e movimentos angulares de inclinação (pitch), rotação (roll) e guinada (yaw), convertendo-as em dados numéricos.

Figura 4 - Dimensões do movimento



Esses sinais são processados por loops e condições no mBlock, que ativam motores DC para gerar torque corretivo – por exemplo, se o robô inclina para frente (aumento no pitch), os motores aceleram para trás, restaurando o centro de massa ao eixo das rodas e criando momentos de inércia que resistem a mudanças bruscas. Com a estrutura de papelão, essa simulação começa manualmente: testes de inclinação revelam como materiais leves influenciam a distribuição de peso, preparando para a integração eletrônica onde a programação visual torna o equilíbrio autônomo e responsivo.

Essa visão integrada destaca a robótica como fusão de mecânica newtoniana e automação, onde forças gravitacionais e inércias são aliadas para inovações como veículos autônomos. A aula usa o mBlock para blocos iniciais que visualizam esses efeitos, permitindo experimentações sem riscos, e constrói confiança para etapas futuras.

Com os conceitos de equilíbrio dinâmico, centro de massa e torque explorados conceitualmente, é hora de vivenciá-los na prática:

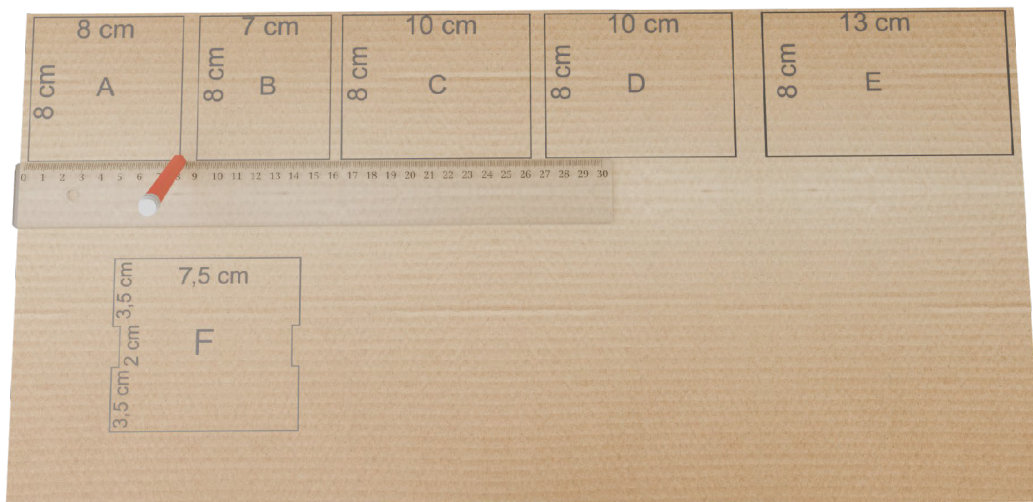
Mãos à obra!

Montagem da estrutura

Vamos à montagem do nosso projeto, dando vida à base de robótica com uma estrutura de papelão detalhada, que servirá de suporte para as etapas futuras de eletrônica e programação. Transformaremos teoria em um protótipo tangível e responsivo, seguindo este roteiro passo a passo.

Primeiro, meça e desenhe um quadrado de 8 x 8 cm e dois retângulos de 10 x 8 cm, um retângulo de 13 x 8 cm e um retângulo de 9 x 7,5 cm, conforme as medidas especificadas na Figura 5. Utilize a régua e o marcador permanente para traçar as formas no papelão, garantindo precisão nos contornos. Estes serão os moldes iniciais para a estrutura.

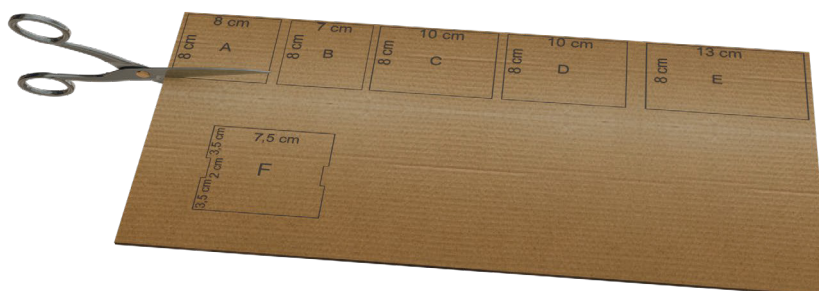
Figura 5 – Medidas e desenho da estrutura



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Com base nos desenhos feitos no passo 1, corte as peças de papelão conforme a Figura 6. Atenção especial à peça F, que possui moldes laterais que devem ter tamanho suficiente para acomodar os motores DC; recomenda-se utilizá-los como molde para o corte preciso. Para garantir a simetria perfeita entre as laterais, use a primeira peça recortada como gabarito para a segunda.

Figura 6 - Recorte da estrutura



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

É hora de verificar se todas as partes estão prontas, cortadas e com as medidas exatas como mostra a Figura 7.

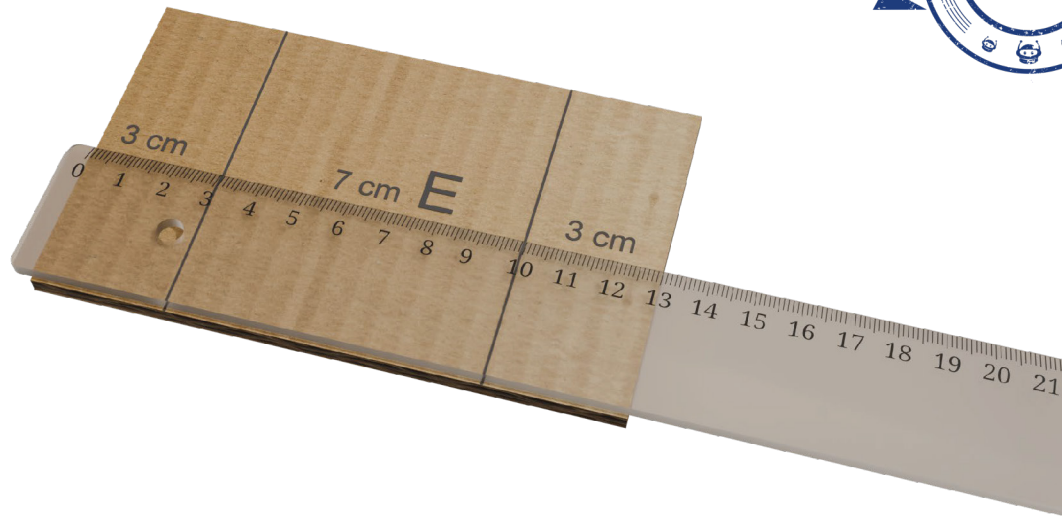
Figura 7 - Peças cortadas e medidas



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Agora, criaremos a base inferior do robô que dará sustentação às laterais. Conforme a Figura 8, no retângulo de 13 cm de comprimento e 8 cm de largura, meça 3 cm a partir de cada extremidade no sentido do comprimento e faça dobras firmes nessas marcações. Isso criará uma peça em formato de "U" com uma seção central de 7 cm e duas abas laterais de 3 cm.

Figura 8– Base parte 1



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

No retângulo E (Figura 9), dobre as laterais conforme as marcações já feitas. Essas abas dobradas servirão para fixar a base às laterais da estrutura, conferindo-lhe maior rigidez e um ponto de apoio sólido para a colagem.

Figura 9 - Base



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Com todas as partes cortadas, dobradas e preparadas, conforme ilustrado na Figura 10, vamos agora iniciar a montagem! O próximo passo é unir e colar cuidadosamente cada componente, encaixando as peças de forma precisa para dar vida à estrutura do nosso robô.

Figura 10 - Conjunto de peças prontas para a união



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Agora, com base na Figura 11, faça dois furos. A precisão das medidas é crucial para o equilíbrio do nosso robô, pois nesses orifícios que os motores DC serão cuidadosamente encaixados. Siga rigorosamente as dimensões indicadas para garantir a estabilidade do seu protótipo.

Figura 11 - Orifícios para encaixe do motor DC



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Conforme ilustrado na Figura 12, aplique cola quente na Parte E onde ela se unirá à Parte F.

Figura 12 - Encaixe das primeiras peças



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Em seguida, como detalhado na Figura 13, encaixe cuidadosamente a Parte F na Parte E, pressionando firmemente para garanti-

uma união segura. Certifique-se de que essa fixação seja firme e precisa, pois esta etapa é fundamental para a rigidez e a estabilidade de toda a estrutura do robô.

Figura 13 - Colando a base



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Primeiro, separe as peças de 10 cm — especificamente as partes C e D. Em seguida, aplique cola quente na Parte F, conforme ilustrado na Figura 14.



Figura 14 – Laterais parte 1



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Com a cola aplicada, encaixe e segure firmemente as partes C e D na Parte F, conforme demonstrado na Figura 15, mantendo a pressão até que a cola seque por completo e a união esteja estável.

Figura 15 - Laterais parte 2



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Em seguida, localize o centro das laterais de 10 cm já coladas na estrutura. Conforme ilustrado na Figura 16, faça a medição para identificar esse ponto central. Após marcar o meio, aplique cola e posicione a Parte B exatamente nesse centro, garantindo um alinhamento preciso para a estabilidade futura do robô.

Figura 16 - Marcação e posicionamento central da Parte B

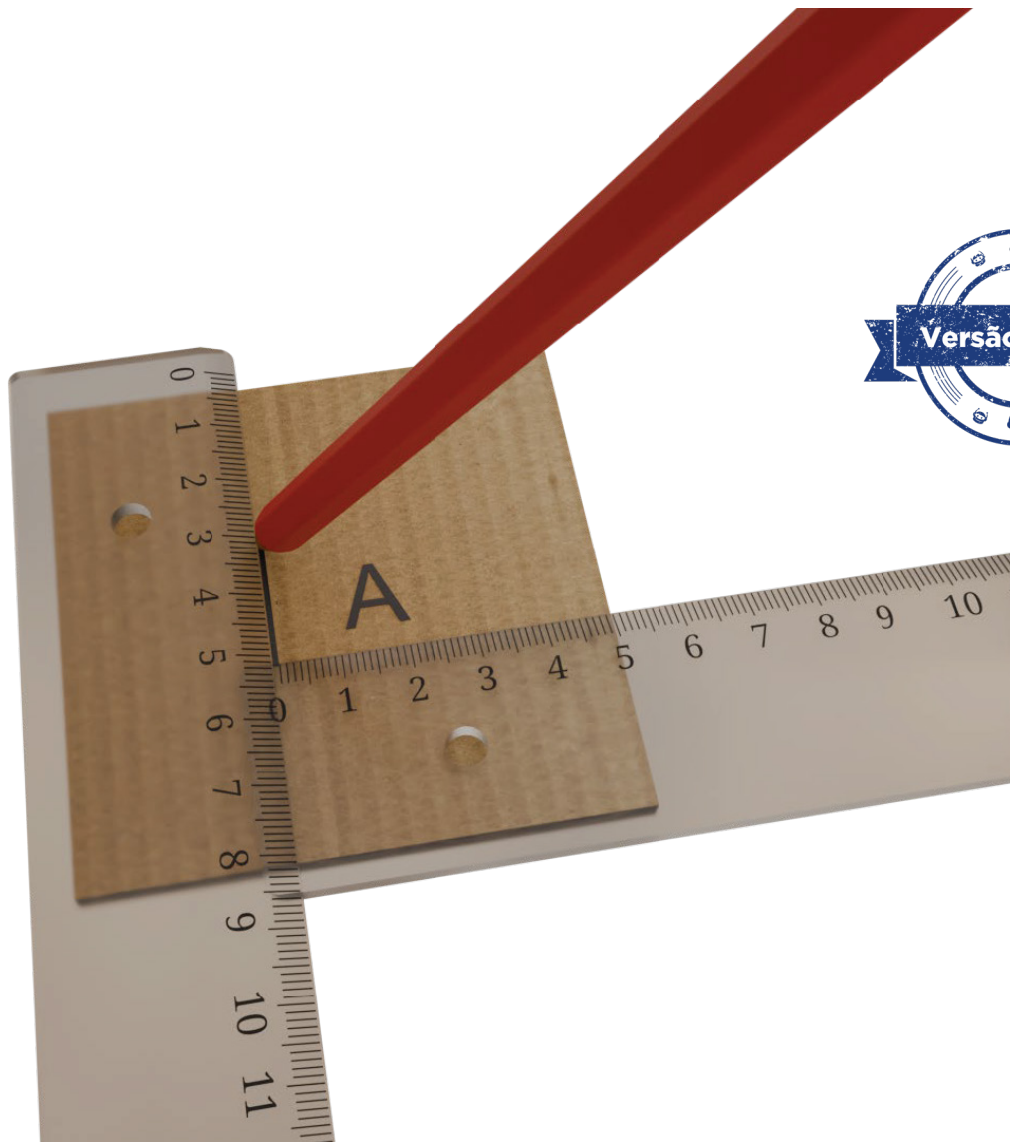


Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Na Parte A, marque o centro e o contorno do orifício de 3 cm, conforme as dimensões indicadas na Figura 17.



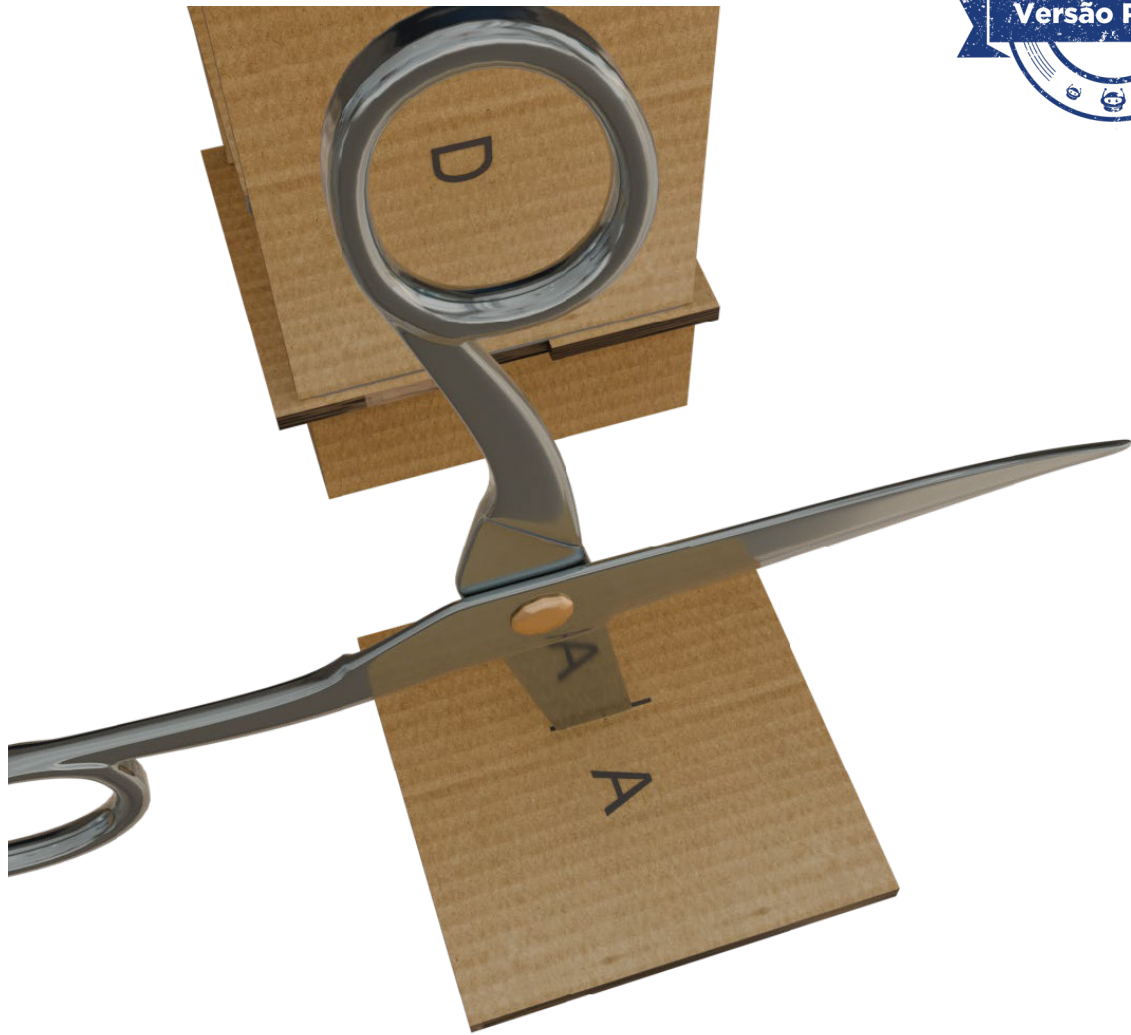
Figura 17 - Gabarito de corte



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Em seguida, utilizando a tesoura com extremo cuidado (segundo as orientações de corte apresentadas na mesma Figura 18), abra um orifício preciso nesse local. Esse orifício é destinado ao encaixe do acelerômetro e giroscópio MPU-6050, por isso, sua exatidão é crucial para a correta funcionalidade do robô. Lembre-se: priorize sempre sua segurança ao manusear ferramentas de corte, evitando qualquer risco de acidente.

Figura 18 - Recorte para acelerômetro



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Conforme ilustrado na Figura 19, aplique cola quente nas laterais da estrutura onde a Parte A será fixada. Pressione a Parte A firmemente contra as laterais e segure até que a cola seque completamente, garantindo que a união esteja estável e a peça A esteja bem firme em sua posição.

Figura 19 - Fixação da Parte A nas laterais



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Agora, a Figura 20 nos mostra a estrutura completa de papelão, pronta e robusta, aguardando os próximos passos! Na próxima aula, vamos inserir os componentes eletrônicos e dar ainda mais vida ao nosso Robô Equilibrista.

Figura 20 - Estrutura de papelão completa e pronta para componentes



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Agora, é o momento de dar movimento ao nosso robô! Conforme detalhado na Figura 21, insira as rodas nos eixos dos motores e, simultaneamente, encaixe os motores nos orifícios que fizemos anteriormente. Utilize cola quente para fixar as rodas aos eixos e, se necessário, para garantir que os motores fiquem firmes em seus devidos lugares. Certifique-se de que tudo esteja bem alinhado e as rodas girem livremente.

Figura 21 - Rodas e motores no lugar



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Finalmente, na Figura 22, podemos ver como ficou o nosso incrível robô equilibrista! Com suas rodas devidamente instaladas e os motores em posição.



Figura 22 - Resultado



Fonte: Roberto Rodrigues, 2025.

Magnífico! Chegamos ao final desta aula com o nosso robô equilibrista montado, uma estrutura de papelão que já começa a dar forma ao nosso projeto. Como você pôde observar, cada corte e cada encaixe transformou um simples material em um protótipo com potencial para desafiar a física! Ele está agora totalmente pronto para receber a eletrônica e, em breve, iniciar sua jornada de equilíbrio.

Na próxima aula, a Aula 35, daremos vida a essa estrutura inserindo todos os componentes eletrônicos essenciais. E na Aula 36, prepare-se para a programação, testes e muita diversão, onde veremos nosso robô ganhar vida e se equilibrar sozinho! A jornada está apenas começando, e o que construímos hoje é a base sólida para inovações incríveis.



Desafios

Que tal você e seus colegas pensarem: qual nome dariam ao nosso robô equilibrista e como o decorariam para refletir sua função e personalidade? Usem a criatividade para visualizar como ele se destacaria!

E se...

As rodas ficarem presas ou não girarem livremente após o encaixe?

- Inspecionem cuidadosamente os orifícios dos motores e o encaixe das rodas. Verifiquem se há algum excesso de papelão ou cola obstruindo o movimento.
- Confirmem se os eixos estão perfeitamente alinhados e se não há atrito excessivo entre as rodas e a estrutura.
- Teste os motores antes da colocação no robô.

A estrutura de papelão está mole, instável ou com balanço excessivo?

- Verifiquem todas as colagens e pontos de fixação; reforcem-nos se necessário.
- Considerem a possibilidade de utilizar um tipo de papelão mais espesso ou adicionar reforços internos/externos estratégicos para aumentar a rigidez da base e das laterais.

Feedback e finalização

Cada vez mais, a tecnologia se integra ao nosso cotidiano, e compreender como as coisas funcionam, desde sua estrutura física, é fundamental.

Nesta aula, fomos além da teoria, transformando papelão em um protótipo tangível do nosso robô equilibrista. Exercitamos não apenas os fundamentos da robótica e do design estrutural, mas também a importân-

cia da precisão, do alinhamento e da resolução de problemas práticos que surgem durante a montagem. Criar essa base física é o primeiro passo crucial para dar vida a um sistema que desafiará a física.

Este projeto nos mostra mais uma vez que a Engenharia e a Física não são apenas equações, mas também a arte de construir, de planejar e de ver uma ideia abstrata ganhar forma. Preparados para a próxima etapa, onde na Aula 35 inseriremos os componentes eletrônicos e na Aula 36 faremos a programação, testes e muita diversão, vendo nosso robô ganhar vida e se equilibrar sozinho? A jornada está apenas começando!

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) CO-
ORDENAÇÃO 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–Compartilhalgual 4.0 Internacional

(CC BY-NC-SA 4.0)