

# ROBÓTICA



## Energia Eólica



**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**

Adilson Carlos Batista

**Validação de Conteúdo**

Cleiton Rosa

Darice Alessandra Deckmann Zanardini

**Revisão Textual**

Kellen Pricila dos Santos Cochinski

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Edna do Rocio Becker

2024

# SUMÁRIO

<b>Introdução</b>	<b>2</b>
<b>Objetivos desta aula</b>	<b>3</b>
<b>Roteiro da aula</b>	<b>4</b>
1. Contextualização	4
2. Conteúdo	6
3. Feedback e finalização	22
<b>Referências bibliográficas</b>	<b>23</b>
<b>Anexos</b>	<b>24</b>

# Energia eólica

Figura 1 – Energia eólica



Fonte: Pexels.

## Introdução

A energia sustentável representa a busca por um futuro mais limpo e equilibrado, onde as necessidades energéticas do presente são atendidas sem comprometer a capacidade das futuras gerações de suprir as suas. Essa energia é proveniente de fontes renováveis, como o sol, o vento, a água e a biomassa, que se regeneram naturalmente e não se esgotam. Nesta aula, iremos justamente abordar a energia eólica (Figura 1) porque ela tem se destacado como uma das principais fontes de energia sustentável. Essa energia é obtida através da força dos ventos, ela é convertida em eletricidade por meio de aerogeradores. A nossa proposta aqui é fazer justamente o protótipo de uma *Turbina eólica de eixo vertical (VAWT)* que simule essa captação de energia do vento. Para isso, usaremos um motor DC, LED, papelão e outros materiais do dia a dia escolar.

# Energia eólica



## Objetivos desta aula

- Conhecer conceitos de conversão de energia;
- Construir um protótipo de aerogerador usando materiais do dia a dia escolar.

## Lista de materiais

- Modelos impressos;
- Papelão (4 mm de espessura);
- Lápis (HB ou similar) - 4 unidades
- 1 Motor DC 6V retirado de outros dispositivos (batedeiras, liquidificador, aspirador, furadeira, carrinho de brinquedo, bonecas, etc.);
- 1 LED;
- 3 Rolos de papel higiênico vazio, ou papel cartão;
- 2 Pedacos de fio.
- Borracha escolar;
- Tesoura;
- Lixa 100;
- Cola para papel;
- Cola quente e pistola;
- Secador de cabelo ou ventilador.

## Roteiro da aula

### 1. Contextualização

A palavra “eólica” tem suas raízes na Grécia Antiga, especificamente na mitologia grega, onde Éolo era o deus que governava os ventos, controlando desde suaves brisas até tempestades intensas. Assim, a energia eólica refere-se à energia obtida da força do vento. Para aproveitar essa fonte de energia, é necessário instalar parques eólicos equipados com aerogeradores (ou turbinas eólicas) em locais onde a presença do vento é significativa.

A utilização da força do vento para realizar diversas tarefas é tão antiga quanto a própria civilização humana. Os primeiros registros do uso da energia eólica remontam a milhares de anos, com civilizações antigas empregando moinhos de vento para moer grãos, bombear água e navegar com barcos a vela. A descoberta e o desenvolvimento dessa tecnologia não podem ser atribuídos a um único inventor, mas sim a um processo evolutivo que se desenrolou ao longo dos séculos.

Os maiores produtores de energia eólica no mundo são países com grandes extensões de terra e condições climáticas favoráveis, como:

- **China:** líder mundial em capacidade instalada de energia eólica, com vastos projetos e investimentos nesse setor.
- **Estados Unidos:** um dos pioneiros na tecnologia eólica, com uma grande capacidade instalada e em constante expansão.
- **Alemanha:** um dos países com maior densidade de parques eólicos na Europa, com uma política energética fortemente voltada para as fontes renováveis.
- **Índia:** com um grande potencial eólico, a Índia tem investido fortemente nesse setor para diversificar sua matriz energética.

Figura 2 – Moinho de vento



Fonte: Pexels.

# Energia eólica

O Brasil possui um grande potencial para a geração de energia eólica, especialmente nas regiões Nordeste e Sul. A maior parte da produção de energia eólica no país concentra-se no Nordeste, onde os ventos são mais constantes e fortes.

A energia eólica é muito importante porque não emite gases poluentes ou contribui para o efeito estufa. Além disso, ela é uma fonte praticamente inesgotável e permite a instalação de pequenos parques eólicos em diversas localidades com tempo propício.

A transição para um modelo energético mais sustentável é um desafio global que exige a colaboração de governos, empresas e sociedade civil. Ao optar por fontes de energia renovável, como a eólica, estamos contribuindo para um futuro mais limpo e próspero para todos.



# Energia eólica



## 2. Conteúdo

A energia eólica é um campo interdisciplinar que envolve diversos ramos da física. Desde a mecânica clássica, que explica como o vento move as pás, até o eletromagnetismo, que transforma essa energia em eletricidade, a física é fundamental para o desenvolvimento e a otimização da tecnologia eólica.

Imagine o vento como um rio invisível fluindo pelo ar. Essa força da natureza, que às vezes sentimos como uma brisa suave e outras como um vendaval poderoso, esconde um potencial energético imenso. É justamente essa energia que a humanidade aprendeu a capturar e transformar em eletricidade, através da energia eólica.

O coração desse processo é o aerogerador, uma espécie de moinho de vento gigante e moderno. Suas pás, projetadas para maximizar a captura da força do vento, começam a girar impulsionadas pela brisa. Esse movimento rotacional, ou torque, é transmitido para um eixo central, que por sua vez está conectado a um gerador.

Dentro do gerador, um fenômeno fascinante chamado indução eletromagnética entra em ação. Imagine um ímã girando dentro de uma bobina de fio de cobre. O movimento do ímã cria um campo magnético que induz uma corrente elétrica na bobina. No aerogerador, é o movimento do eixo, ligado ao rotor, que corta as linhas de um campo magnético, gerando assim a eletricidade.

As turbinas eólicas são classificadas principalmente em dois tipos: turbinas eólicas de eixo horizontal (HAWTs) e turbinas eólicas de eixo vertical (VAWTs). Cada tipo apresenta características distintas que influenciam sua eficiência, aplicabilidade e custo.

# Energia eólica

Figura 3 – Turbinas eólicas de eixo horizontal (HAWTs)



Fonte: Pexels.

## Turbinas eólicas de eixo horizontal (HAWTs)

**Design:** as HAWTs são as mais comuns e conhecidas, com suas longas pás girando em torno de um eixo horizontal. A orientação das pás é ajustada para aproveitar ao máximo a força do vento.

**Funcionamento:** o vento incide sobre as pás, gerando uma força que as faz girar. Essa rotação é transmitida a um gerador, que converte a energia mecânica em energia elétrica.

### Vantagens:

- **Alta eficiência:** as HAWTs são projetadas para maximizar a captura de energia eólica, especialmente em ventos fortes e constantes.
- **Tecnologia madura:** a tecnologia das HAWTs é bem desenvolvida, resultando em custos de produção mais baixos e maior confiabilidade.

### Desvantagens:

- **Necessidade de orientação:** as pás precisam ser constantemente ajustadas para acompanhar a direção do vento, o que exige sistemas de orientação complexos.
- **Impacto visual:** as HAWTs podem ter um impacto visual significativo na paisagem, especialmente em parques eólicos de grande porte.

Figura 4 - Turbinas eólicas de eixo vertical (VAWTs)



Fonte: <https://oakenergia.com.br/turbinas-eolicas/>.

## Turbinas eólicas de eixo vertical (VAWTs)

**Design:** as VAWTs possuem um eixo de rotação vertical, com as pás girando em torno dele. Um dos designs mais conhecidos é o modelo Darrieus, com suas pás em forma de cálice.

**Funcionamento:** as VAWTs podem capturar o vento de qualquer direção, tornando-as mais adequadas para locais com ventos variáveis. A rotação das pás é transmitida a um gerador localizado na base da torre.

### Vantagens:

- **Versatilidade:** as VAWTs podem operar em ambientes com ventos turbulentos e variáveis, sem a necessidade de sistemas de orientação complexos.
- **Menor impacto visual:** devido ao seu design, as VAWTs geralmente têm um menor impacto visual na paisagem.

### Desvantagens:

- **Menor eficiência:** em geral, as VAWTs apresentam uma menor eficiência na conversão da energia eólica em energia elétrica em comparação com as HAWTs, especialmente em ventos fortes.
- **Tecnologia menos madura:** a tecnologia das VAWTs continua em desenvolvimento, o que pode resultar em custos mais elevados e menor confiabilidade.

# Energia eólica

Mas como a energia elétrica gerada por essas turbinas pode chegar até nossas casas? Através de cabos, essa energia é transmitida para subestações, onde sua tensão é ajustada para ser distribuída pela rede elétrica. Essa rede, uma verdadeira teia de fios que cobre o planeta, leva a energia elétrica para todos os cantos, alimentando nossas casas, indústrias e cidades.

Em resumo, a jornada da energia eólica é uma verdadeira sinfonia de transformações: a energia cinética do vento é capturada pelas pás, transformada em energia mecânica de rotação, que por sua vez é convertida em energia elétrica através do princípio da indução eletromagnética. Essa energia elétrica, então, é transmitida e distribuída para alimentar nossas vidas.

É importante ressaltar que a energia eólica é uma fonte limpa e renovável, que não emite gases poluentes e contribui para a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, a tecnologia dos aerogeradores está em constante evolução, tornando a energia eólica cada vez mais eficiente e competitiva.

Ao olharmos para um aerogerador, estamos testemunhando a união entre a natureza e a engenharia, uma prova de que é possível gerar energia de forma sustentável e harmoniosa com o meio ambiente.

Que tal construirmos nosso protótipo de aerogerador! Lembrando que esse equipamento é uma máquina projetada para converter a energia cinética do vento em energia elétrica. Como referido anteriormente, é como um grande moinho de vento moderno, mas com uma função muito mais sofisticada.

## Como funciona um aerogerador?

- 1. Pás:** as pás do aerogerador capturam a força do vento e começam a girar.
- 2. Rotor:** o movimento das pás é transmitido para um eixo central, chamado rotor.
- 3. Gerador:** o rotor está conectado a um gerador elétrico. A rotação do rotor faz com que o gerador produza eletricidade.
- 4. Transmissão:** a energia elétrica gerada é transmitida através de cabos até a rede elétrica, alimentando nossas casas e indústrias.

Sabendo de como o aerogerador funciona, vamos para o nosso protótipo!

## Montagem

Primeiramente, precisaremos do modelo impresso, para realizar a impressão, use o arquivo de gabarito anexo.

Utilizando o gabarito recortado como guia, cole os modelos em papelão de 4 mm. Em seguida, recorte cada peça conforme a Figura 6.

Figura 5 - Gabarito

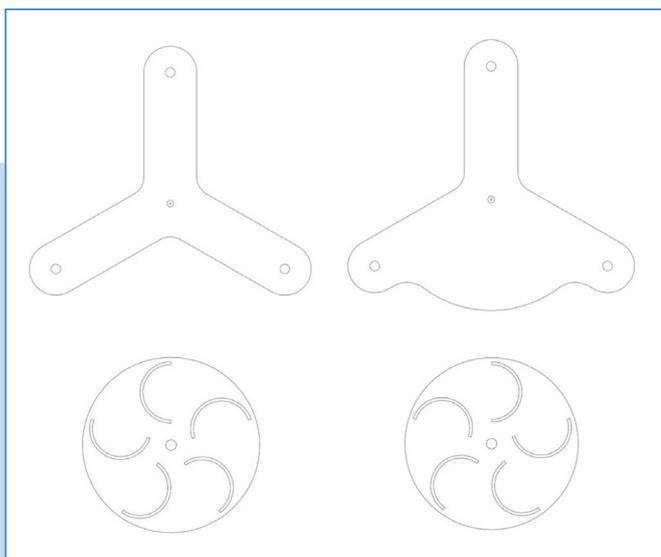
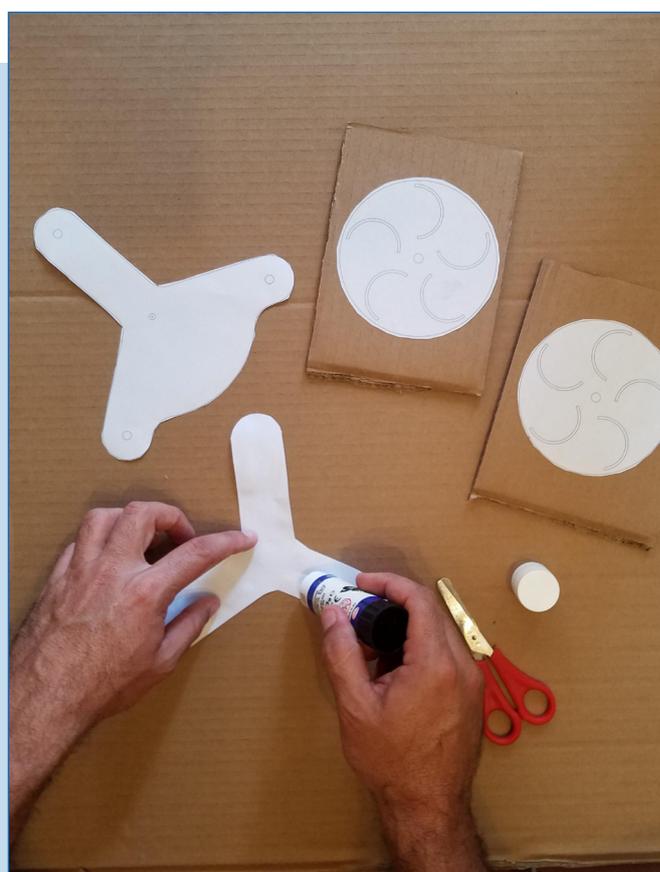


Figura 7 – Peças recortadas e coladas



Figura 6 – Colagem do projeto



Fonte: <https://www.instructables.com/How-to-Make-a-Very-Simple-Savonius-Wind-Turbine/>.

# Energia eólica

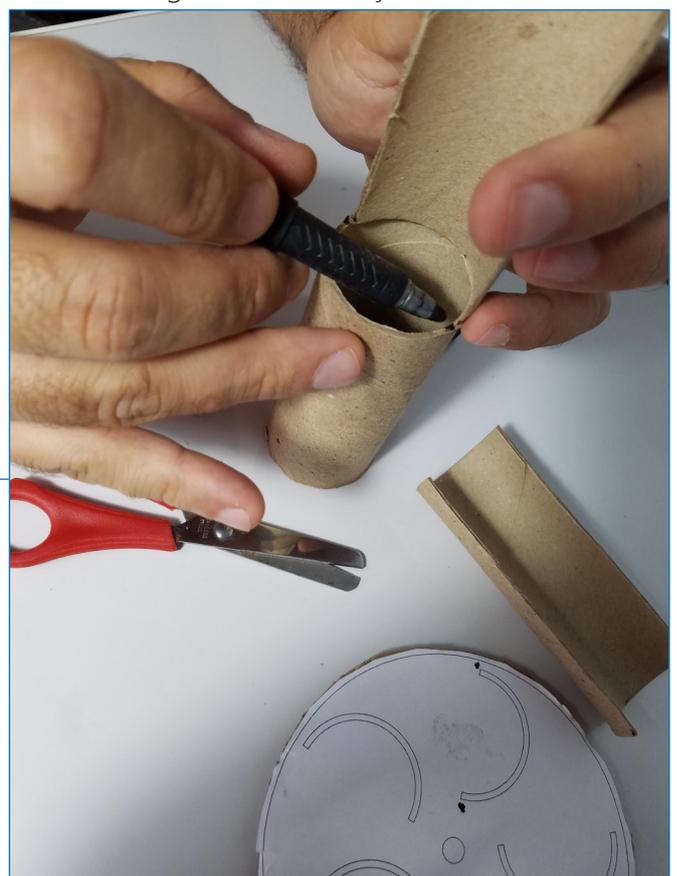
Para produzir as pás do rotor, recorte tubos de rolos de papel higiênico ou use papel cartão.

Figura 8 – Recorte do rotor



Posicione os cilindros de papelão sobre as marcas do círculo base, alinhando-os cuidadosamente. Com um marcador permanente, faça uma marca bem visível no centro exato de cada cilindro.

Figura 9 – Marcação do tubo



# Energia eólica

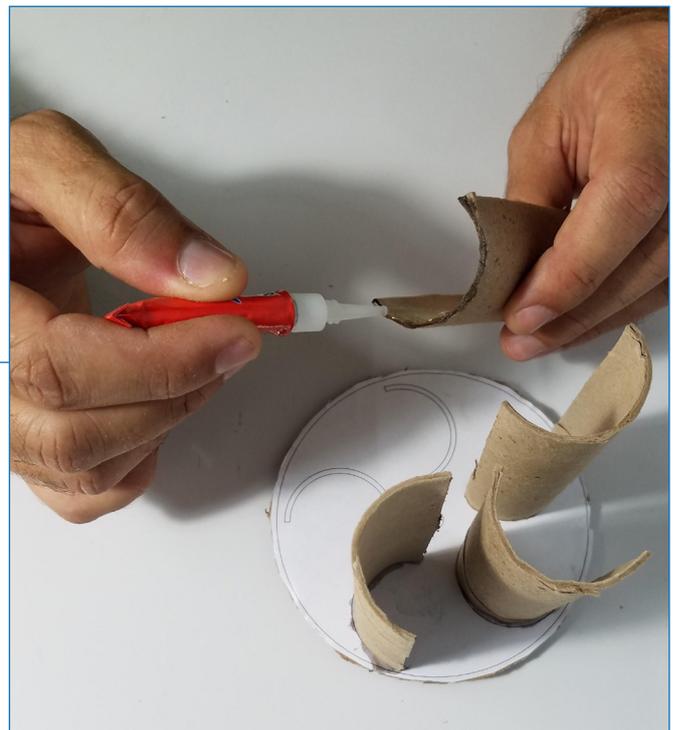
Utilizando uma tesoura, realize um corte vertical preciso em cada marca, dividindo os cilindros em duas partes iguais. As metades obtidas (semicilindros) serão as lâminas do seu rotor, você precisará de cinco semicilindros.

Figura 10 – Recorte do tubo e colagem das pás



Aplique uma quantidade generosa de cola resistente na base de cada semicilindro e encaixe-os nas marcas correspondentes do círculo base. Cuidando para não colar os dedinhos!

Figura 11 – Colagem das pás



# Energia eólica

Para garantir um furo preciso e resistente, utilize um lápis HB ou similar. A dureza do grafite facilitará a perfuração e a fixação do lápis no disco base. Após apontar bem o lápis, insira-o no centro marcado e ajuste-o corretamente.

A fixação do lápis no disco base é fundamental para a estabilidade da turbina. Certifique-se de que o lápis esteja bem ajustado no furo, sem folgas. Não force a entrada do lápis para evitar rachaduras no disco. Lembre-se: não cole o lápis ainda.

Figura 12 – Apontar o lápis



Figura 13 – Furo com tesoura

Utilizando a ponta da tesoura, faça um furo no centro do disco superior, alinhando-o com o furo do disco inferior. Encaixe o disco superior no eixo (lápis), garantindo que as lâminas estejam corretamente posicionadas e que se toquem levemente.



Aplique cola nas bordas dos discos e pressione-os com firmeza, certificando-se de que as lâminas permaneçam alinhadas.

Figura 15 – Inserindo o eixo central



Deixe um espaço livre entre o disco superior e a ponta do lápis para a futura instalação da roda e do gerador. Por fim, fixe o lápis nos dois discos superior e inferior utilizando cola.

Figura 14 – Inserindo o eixo central



Figura 16 – Parte superior com a ponta do lápis para fora



# Energia eólica

Figura 17 – Base com os lápis

Para a parte externa, base do suporte, use os três lápis, fure e insira um lápis em cada extremidade da base, conforme Figura 18. Se os seus lápis forem daqueles com borracha na ponta, deixe-os com as borrachas para fora da base, de forma bem alinhada, poderá funcionar como pés para a turbina. No centro da base, para melhorar o atrito entre o lápis e o suporte externo, recorte dois quadradinhos de lata de alumínio, dessas de refrigerante, cole no centro da base, onde ficará o eixo do rotor (lápis). Esse metal ajudará no atrito para não ficar quebrando a ponta do lápis.



Figura 18 – Base do rotor

Coloque a base superior, ela deve ficar firme e você não deve colá-la. Insira o rotor certificando-se de que as pontas dos lápis estejam alojadas nas ranhuras das placas centrais de alumínio que você colou. Encaixe todo o conjunto deslizando a base superior para baixo ou para cima.



# Energia eólica

Com a ajuda de uma caneta, faça algumas reentrâncias para que o lápis encaixe mais perfeitamente na base.

Figura 19 – Posição do rotor na base



Figura 20 – Rotor e base completa

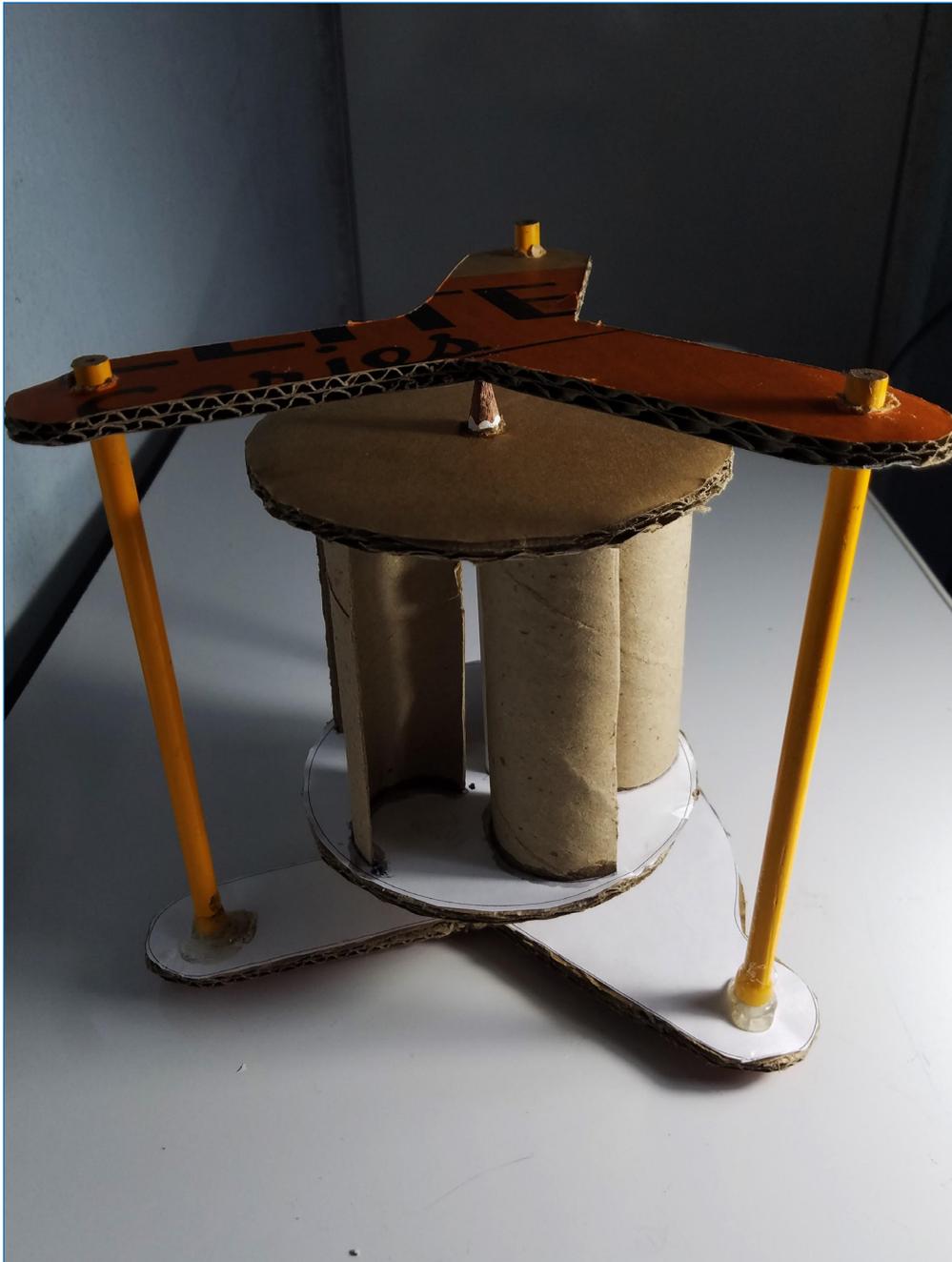


# Energia eólica

Com o rotor acoplado a base, faça o teste para verificar se o rotor gira livremente, para isso, sobre as pás. Se acaso o rotor não girar, será necessário fazer ajustes nos furos para deixá-lo mais solto.

Após os testes, você poderá preparar o motor da turbina eólica.

Figura 21 – Rotor e base completa



## Inserindo o motor:

Para preparar o motor DC, usaremos uma borracha para ser encaixada em seu eixo. Usando uma régua, faça um "x" no centro da borracha. Com um compasso, faça um círculo de 2 cm de diâmetro usando essa marcação do centro da borracha como referência.

---

Figura 22 – Marcando a borracha

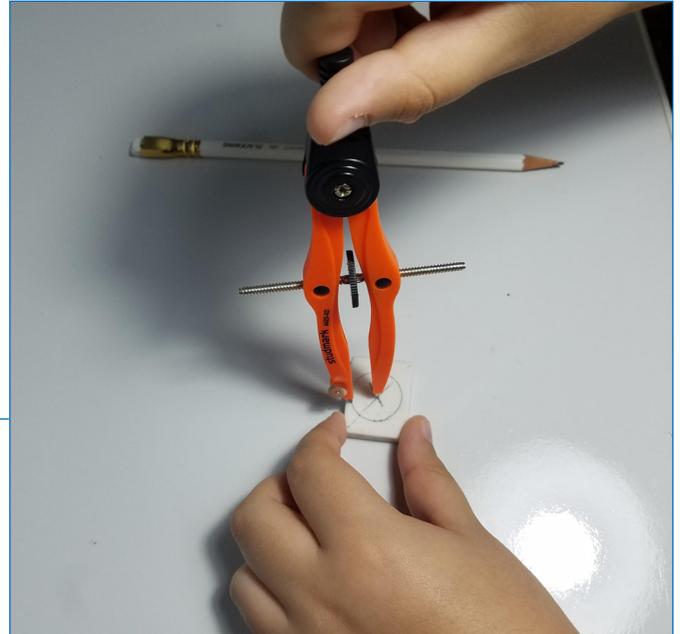
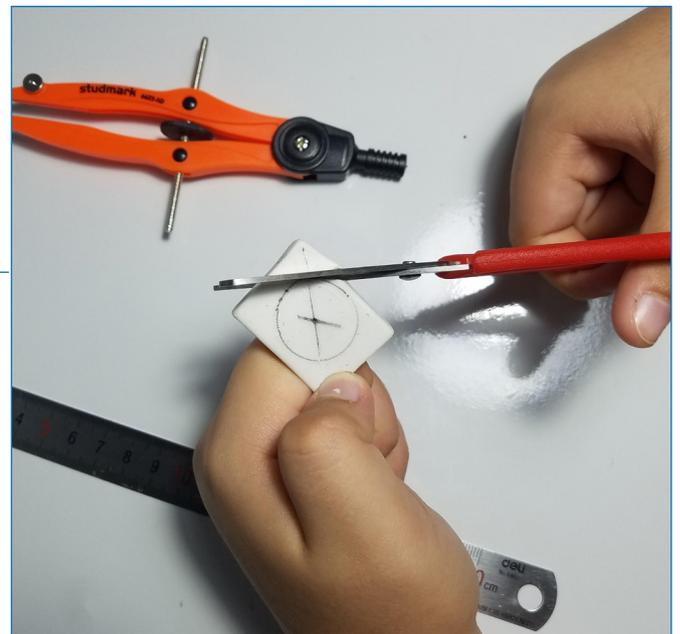


Figura 23 – Marcando a borracha

Após a marcação, com uma tesoura recorte o círculo.

---



Na sequência, lixe as bordas para um acabamento suave.

Centralize o círculo de borracha no eixo do motor e fixe-o com cola, tomando cuidado para não aplicar cola nas partes móveis do motor. Certifique-se de que a borracha esteja bem aderida ao eixo para garantir a transmissão eficiente do movimento.

Figura 24 – Lixando a borracha



Figura 25 – Encaixe da borracha no eixo



Figura 26 – Encaixe da borracha no eixo



# Energia eólica

Para finalizarmos o projeto, precisaremos de um LED ou um disco de LED, no exemplo foi usado o disco, mas você poderá usar somente um LED. O importante no protótipo é que, ao girar o rotor, produza energia suficiente no motor e acenda esse componente. Solde o disco ou o LED nas hastes do motor DC, conforme Figura 28. Nesse momento, é muito importante observar a polaridade do LED.

Depois, recorte um pedaço retangular de papelão, suficiente para a base do motor, e cole o motor DC sobre ele.

Figura 27 – Encaixe da borracha no eixo

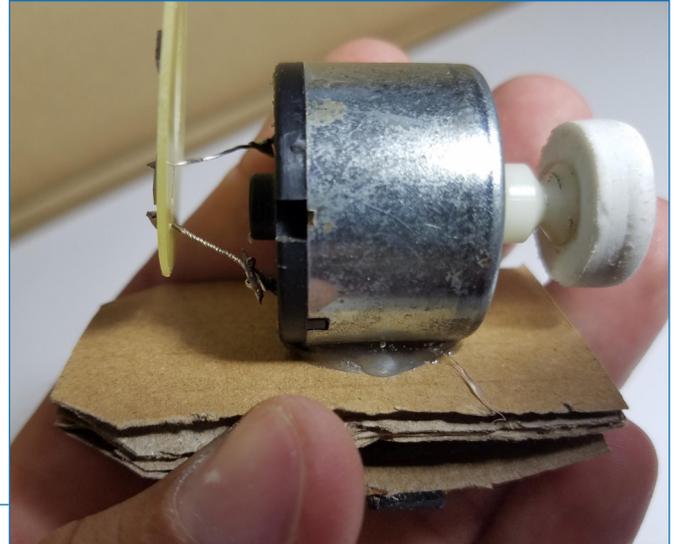
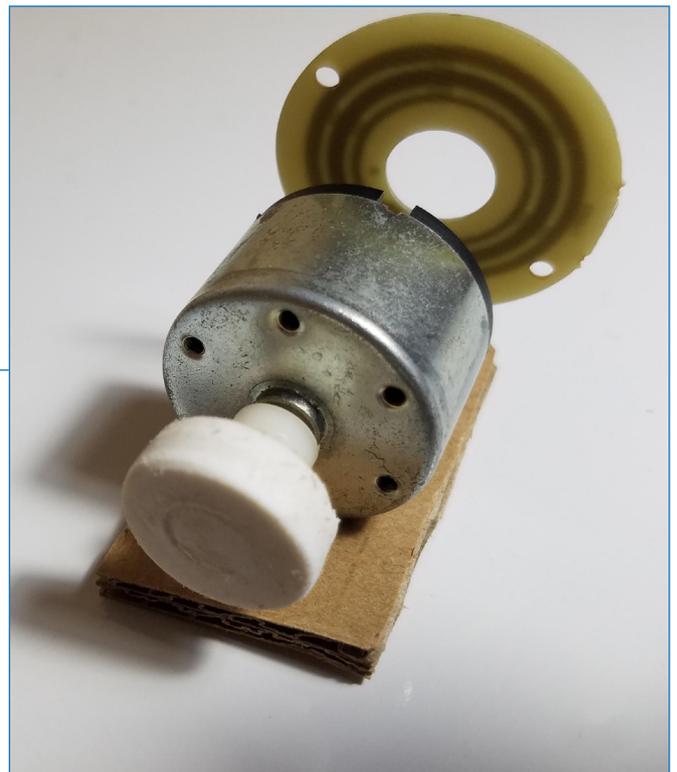


Figura 28 – Base do motor



# Energia eólica

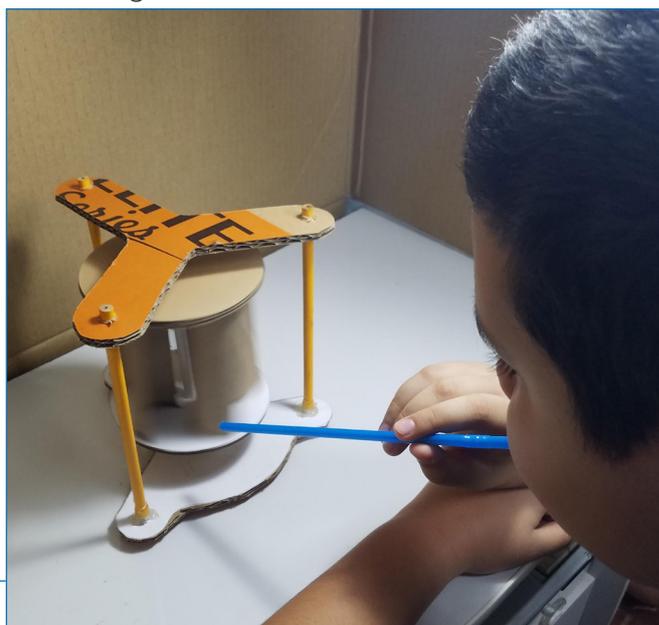
Cole a base com o motor na parte lateral externa da turbina, conforme Figura 30. Assim, seu protótipo de turbina eólica estará pronto para os testes. No momento de colar o motor, observe se a borracha encosta no rotor, esse deve ficar encostado, porém, não pode travar o rotor e sim fazer ele girar e consiga realmente produzir energia, se necessário, ajuste a altura.

Com o protótipo de turbina eólica pronto, com um canudo daqueles mais grossos, sopre o rotor para que ele possa girar e gerar energia o suficiente para acender o LED. Para um vento mais potente, você poderá utilizar também um secador de cabelo.

Figura 29 – Turbina eólica pronta com o motor



Figura 30 – Teste da turbina eólica



Fonte: <https://www.instructables.com/How-to-Make-a-Very-Simple-Savonius-Wind-Turbine/>.

Chegamos ao fim da montagem, neste projeto não precisamos de programação. Agora é só se divertir com a turbina eólica.

# Energia eólica

## Desafio:

Que tal...

Pegar o protótipo desenvolvido e colocá-lo em prática por meio da construção de uma maquete de papelão na qual a luz da casa é acesa pelo sistema eólico?

## E se...

O LED não acender?

- Verifique se a quantidade de vento está sendo suficiente para girar o motor.
- Observe se a borracha do eixo do motor está tocando no rotor.
- Verifique se as hélices no rotor estão bem encaixadas no eixo.
- Verifique se não há cola atolando o motor.

## 3. Feedback e finalização

Compartilhe seu projeto de energia eólica com os demais colegas e reflita:

1. Quais conceitos de física e engenharia foram explorados durante o projeto?
2. O projeto contribuiu para um melhor entendimento do funcionamento de uma turbina eólica real?
3. A turbina conseguiu acender o LED de forma consistente? Em quais condições de vento?
4. Quais modificações poderiam ser feitas para aumentar a eficiência da conversão de energia eólica em energia elétrica?
5. A estrutura de papelão se mostrou resistente o suficiente? Quais partes apresentaram mais desgaste?
6. Que materiais poderiam ser utilizados para aumentar a durabilidade da turbina?
7. Quais foram os materiais utilizados e como eles foram descartados após o término do projeto?
8. Existem alternativas mais sustentáveis para os materiais utilizados?
9. O projeto foi planejado de forma detalhada antes de iniciar a construção?
10. Quais dificuldades foram encontradas durante a fase de planejamento?
11. Quais testes foram realizados para avaliar o desempenho da turbina?
12. Os resultados dos testes foram satisfatórios?

# Energia eólica

## REFERÊNCIAS

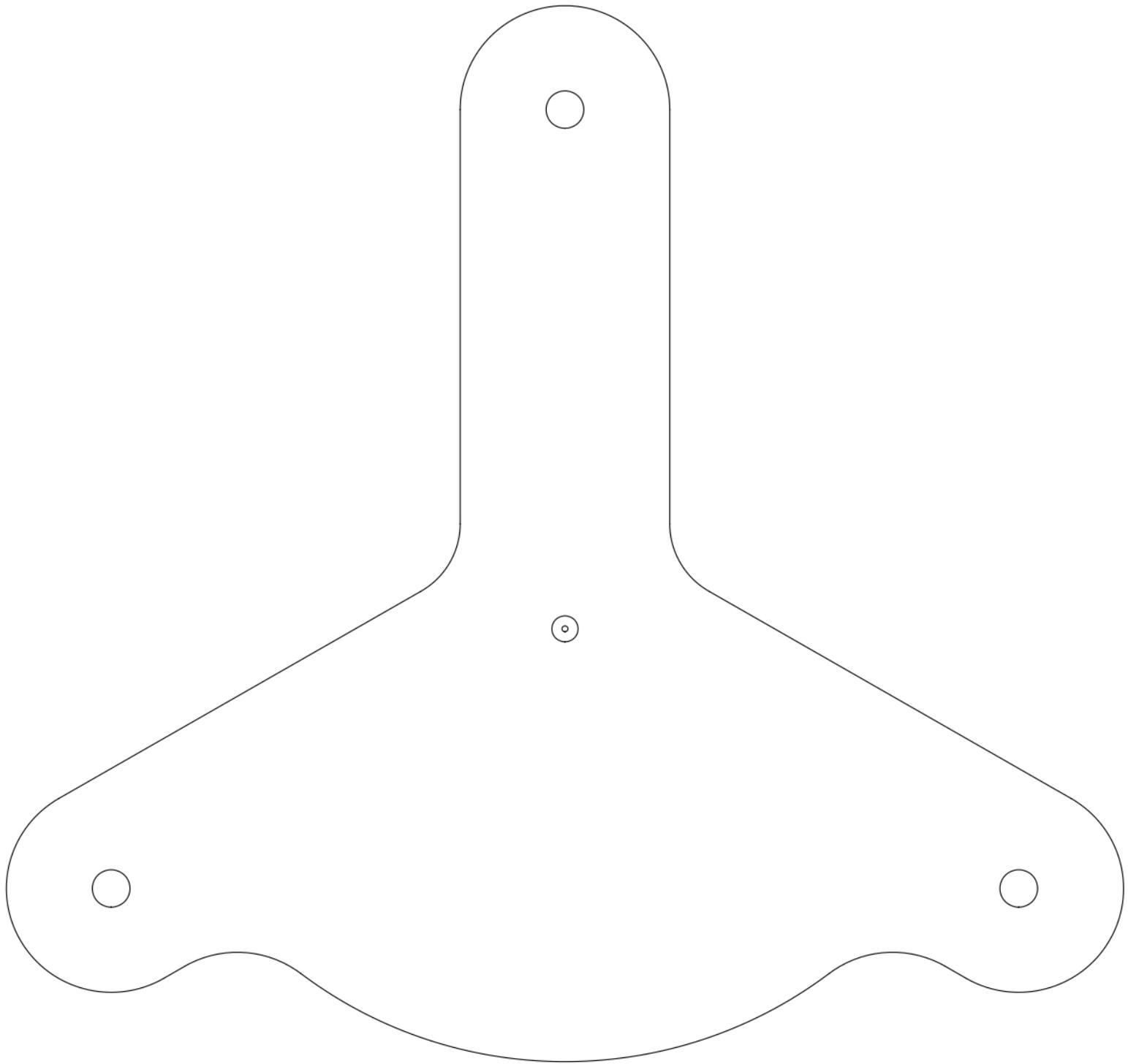
BRASIL ESCOLA: **Energia Eólica**. Disponível em: <https://brasilestola.uol.com.br/fisica/energia-eolica.htm>. Acesso em: 01 ago. 2024.

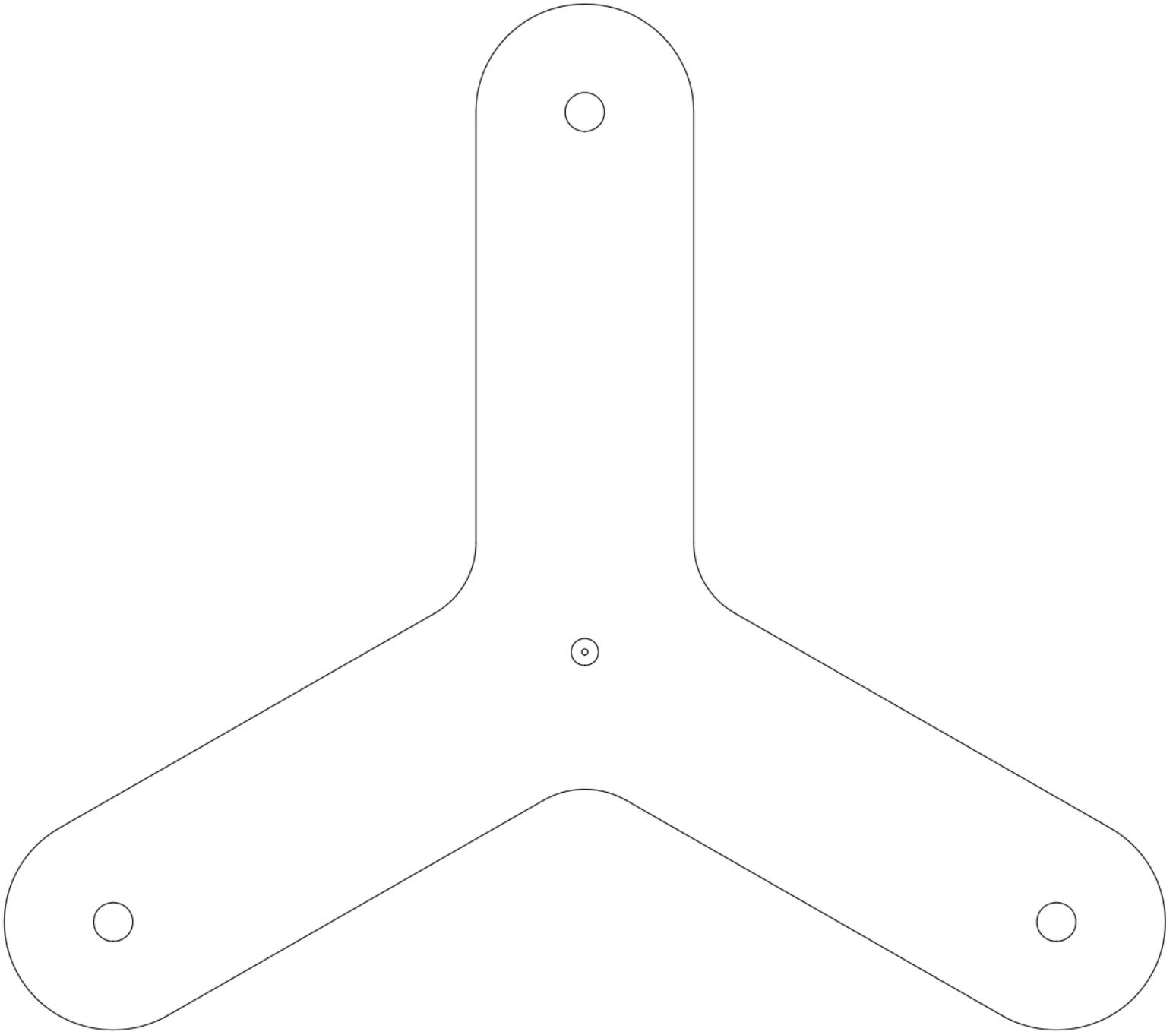
MUNDO EDUCAÇÃO. **Energia Eólica**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/energia-eolica.htm>. Acesso em: 01 ago. 2024.

PORTAL SOLAR. **Energia Eólica**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-eolica>. Acesso em: 01 ago. 2024.

AUTODESK INSTRUCTABLES. **Savonius Wind Turbine for School Projects**. Disponível em: <https://www.instructables.com/How-to-Make-a-Very-Simple-Savonius-Wind-Turbine/>. Acesso em: 26 set. 2024.











**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 (elaboração prévia)**

- Filipe de Andrade Machado - Ciência da Computação
- Gabriel Alves Massuda Duarte - Engenharia de Computação
- José Augusto Lajo Vieira Vital - Ciência da Computação
- Lorena Valente Cavalheiro - Engenharia de Computação
- Matheus Kazumi Silva Miyashiro - Engenharia de Computação
- Nathalia dos Santos Melo - Engenharia de Software
- Yan Arruda Cunha - Engenharia de Computação
- Thiago Ferronato - Ciência da Computação
- Vitor Hugo dos Santos Duarte - Engenharia de Computação
- Wilker Sebastian Afonso Pereira - Ciência da Computação

**ESTUDANTES (revisão)**

- Arthur Henrique Andrade Farias - Ciência da Computação
- Bruno Pereira Wesner da Silva - Engenharia de Computação
- Fernanda das Neves Merqueades Santos - Ciência da Computação
- Gabriel Pereira Falcão - Ciência da Computação
- Jenniffer Oliveira Checchia - Ciência da Computação
- Leonardo Vargas de Paula - Sistemas de Informação
- Marcos Gabriel da Silva Rocha - Engenharia de Computação
- Maria Paula do Nascimento Santos - Engenharia de Computação
- Nathanael Martins Wink - Ciência da Computação
- Victor Luiz Marques Saldanha Rodrigues - Ciência da Computação

**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 Pittner

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 do 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 – CC BY-NC-SA  
[Atribuição - NãoComercial - Compartilha Igual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

