

TURBINA DARRIEUS-H EM ESCALA PARA ENERGIA LIMPA

DARRIEUS-H TURBINE SCALE FOR CLEAN ENERGY

Wanderleyd Amaro ^{1, i}
Gilberto Nepomuceno ^{2, ii}
Beatriz Monteiro De Souza ^{3, iii}
João Henrique Souza Farias ^{4, iv}
Josué Farah ^{5, v}

RESUMO

O rotor modelo *Darrieus-H* foi projetado com polias e cálculo de relação de transmissão para otimizar a rotação e conversão energética, levando em conta segurança elétrica, durabilidade e estabilidade estrutural. Para a conversão de energia, o protótipo utiliza um motor de corrente contínua (DC - Corrente Contínua) com ímãs permanentes, que funcionará como gerador para o experimento. Esse motor, ao ter seu eixo girado pelo vento, age como um gerador, convertendo o movimento das pás em eletricidade. Durante o processo, foram realizados testes práticos e validações dos componentes, considerando riscos como desbalanceamento, interferência eletromagnética e sobre tensão. A conclusão reforça a viabilidade técnica do uso da turbina *Darrieus-H* como fonte didática e experimental de energia renovável, além de ressaltar a importância de projetos que estimulem o uso de tecnologias sustentáveis desde a educação técnica até aplicações reais. O presente trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de uma torre de energia eólica de eixo vertical, do tipo *Darrieus-H*, como alternativa sustentável para geração de energia elétrica em pequena escala. A proposta é utilizar o princípio da energia eólica — energia cinética do vento — para movimentar pás impressas em 3D, que giram um eixo conectado a um motor de 3V a 6V, gerando energia suficiente para acender um LED (Diodo Emissor de Luz). O protótipo foi desenvolvido com o auxílio de softwares CAD (Desenho Assistido por Computador), técnicas de usinagem e impressão 3D, promovendo o aprendizado prático e o incentivo à utilização de fontes limpas de energia.

¹ Graduando em Tecnologia em Mecânica de precisão Faculdade SENAI de Tecnologia em Mecânica de Precisão. E-mail: liraley@gmail.com

² Graduando em Tecnologia em Mecânica de precisão Faculdade SENAI de Tecnologia em Mecânica de Precisão. E-mail: gilberto.nepomuceno@gmail.com

³ Graduando em Tecnologia em Mecânica de precisão Faculdade SENAI de Tecnologia em Mecânica de Precisão. E-mail: beatrizms241209@gmail.com

⁴ Graduando em Tecnologia em Mecânica de precisão Faculdade SENAI de Tecnologia em Mecânica de Precisão. E-mail: jh.farias2018@gmail.com

²⁵ Docente e Me em Engenharia Mecânica da Faculdade SENAI de Tecnologia em Mecânica de Precisão. E-mail: josue.farah@sp.senai.br

3

4

5

Palavras-chave: Torre Eólica, Projeto Integrador, Energia Sustentável

ABSTRACT

The Darrieus-H rotor was designed with pulleys and gear ratio calculations to optimize rotation and energy conversion, taking into account electrical safety, durability, and structural stability. For energy conversion, the prototype uses a direct current (DC - Direct current) motor with permanent magnets. This motor, when its shaft rotated by the wind, acts as a generator, converting the movement of the blades into electricity. During the process, practical tests and component validations were performed, considering risks such as imbalance, electromagnetic interference, and overvoltage. The conclusion reinforces the technical feasibility of using the Darrieus-H turbine as an educational and experimental source of renewable energy, in addition to highlighting the importance of projects that encourage the use of sustainable technologies from technical education to real-world applications. The main objective of this work is to develop a vertical-axis Darrieus-H wind turbine as a sustainable alternative for small-scale electricity generation. The proposal is to use the principle of wind power—the kinetic energy of the wind—to move 3D-printed blades, which rotate a shaft connected to a 3V to 6V motor, generating enough energy to light an LED (Light Emitting Diode). The prototype was developed using CAD (Computer-Aided Design) software, machining techniques, and 3D printing, promoting hands-on learning and encouraging the use of clean energy sources.

Keywords: Wind Tower, Integrative Project, Sustainable Energy

1 INTRODUÇÃO

A energia eólica, por ser limpa, renovável e abundante, é uma das alternativas mais promissoras para suprir a crescente demanda energética mundial. Entre suas tecnologias, as turbinas de eixo vertical do tipo Darrieus-H destacam-se por captar ventos em qualquer direção e apresentar bom desempenho em condições turbulentas, favorecendo seu uso em áreas urbanas. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo didático em escala reduzida, com pás impressas em 3D e transmissão por polias, capaz de acender um LED a partir da energia do vento. Além de comprovar sua viabilidade técnica, o projeto visa estimular o aprendizado prático e promover o uso de energias renováveis no contexto educacional.

1.1 Problema de pesquisa

Desenvolver uma torre de eixo vertical, que através da energia cinética convertida em energia elétrica, acenda um led (Diodo Emissor de Luz).

1.2 Objetivo(s)

- Desenvolver e executar o projeto que é uma torre de energia eólica.
- Incentivar a utilização de energia renovável
- Conhecer mais sobre a energia renovável

1.3 Justificativa

Com o projeto é possível mostrar a eficácia da energia renovável e trazer este assunto um pouco mais para perto da nossa realidade.

2 ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

O Brasil ocupa a 6ª posição no ranking mundial de capacidade instalada de energia eólica *onshore*, com mais de 33 GW em operação, e foi o terceiro país que mais instalou novos parques eólicos em 2023 (ABEEÓLICA, 2024; GLOBAL WIND REPORT, 2024). Atualmente, o país conta com 916 parques eólicos e 10.100 torres em funcionamento, abrangendo tecnologias *onshore* e *offshore*.

As turbinas eólicas podem ser de eixo horizontal ou vertical. As horizontais, classificadas como *upwind* e *downwind*, apresentam alto rendimento, mas necessitam de alinhamento com o vento (OAK ENERGIA, 2020). As verticais, como os modelos Savonius e Darrieus, operam com ventos de qualquer direção e têm melhor desempenho em áreas urbanas e com ventos turbulentos. O modelo *Savonius* utiliza a força de arrasto, possuindo baixo rendimento, mas alto torque de partida (RENEWABLE ENERGY, 2025).

A turbina Darrieus, desenvolvida por Georges J. M. Darrieus em 1931, utiliza o princípio da sustentação aerodinâmica com perfis NACA, podendo ter pás curvas, helicoidais ou retas (SPALENZA; MOTA, 2016). O tipo Darrieus-H, de pás retas, é mais simples de fabricar e transportar, apresentando alto rendimento, embora com torque de partida reduzido (FERNANDES, 2018; GOMES, 2020).

O desempenho depende da relação sustentação/arrasto, do ângulo de ataque e do número de Reynolds (indica se o fluido vai se mover de forma suave ou turbulenta, indica se o escoamento de um fluido é laminar, de transição ou turbulento). Perfis assimétricos oferecem maior sustentação, enquanto os simétricos proporcionam maior resistência estrutural (LOPES, 2017). A potência disponível no vento é expressa por:

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

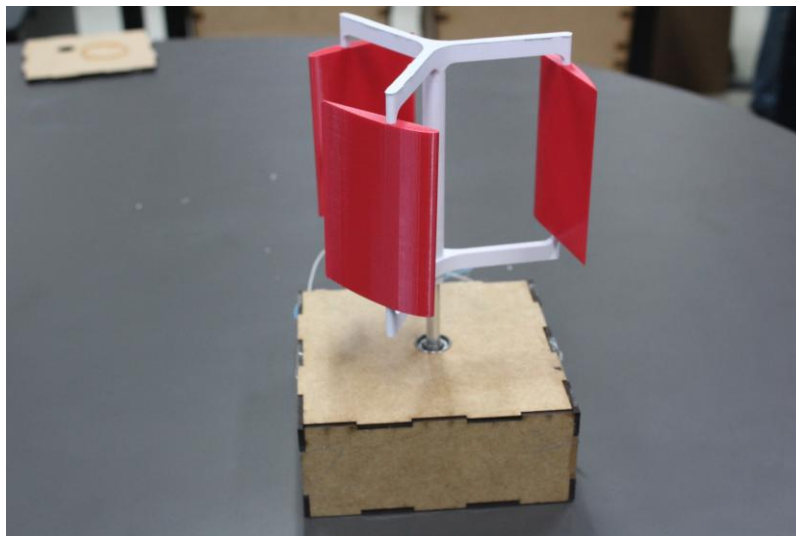
onde:

P é a potência do vento, ρ a massa específica do ar, A a área varrida pelas pás e v a velocidade do vento

3 METODOLOGIA

Neste projeto utilizamos um mini-motor gerador de energia elétrica com especificações de 3V a 6V. O motor opera a 5.000 RPM quando alimentado com 3V e a 10.000 RPM (Rotações por Minuto) quando alimentado a 6V (*volts*). Optamos por fazer um sistema de transmissão com saída de 5.000 RPM, pois a tensão gerada por ele é mais segura para circuitos simples e reduz o risco de danos ao LED. Escolhemos um led de 3V por sua baixa tensão de operação e alta eficiência luminosa, permitindo que ele funcione adequadamente com a energia gerada pelo motor de 3V, utilizando um resistor de 150 ohms.

Torre de energia eólica Darrieus-H em escala reduzida



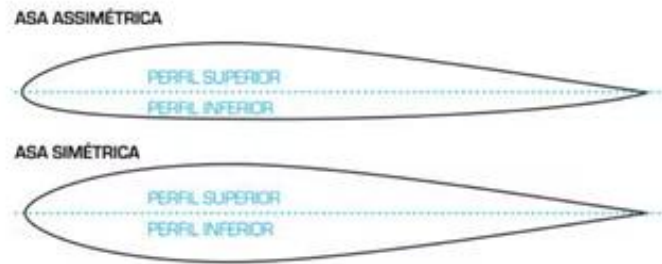
Fonte: elaborado pela equipe

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante os testes, a turbina Darrieus-H demonstrou capacidade de gerar energia suficiente para acender um LED, validando o funcionamento do sistema em escala reduzida. O desempenho foi influenciado por fatores como velocidade do vento, balanceamento das pás e estabilidade mecânica.

Foram identificados riscos operacionais e estruturais, incluindo insuficiência de geração em ventos fracos. Para mitigar este problema, foi adotada uma solução como uso de correção precisa das pás, fazendo a escolha de outro modelo disponível.

Asa Darrieus simétrica e assimétrica



(fonte: eroflap, 2015)

O projeto demonstrou viabilidade técnica e baixo custo de construção, além de potencial pedagógico por integrar conceitos de aerodinâmica, eletrônica e mecânica, promovendo o aprendizado prático e o incentivo ao uso de energias renováveis.

Os testes foram realizados em sala de aula através de um ventilador com capacidade de 5m/s, com uma distância de 30cm do mesmo.

5 CONCLUSÃO

O projeto de uma torre eólica utilizando um motor de 3 a 6V para o acionamento de um LED demonstrou-se satisfatório, alcançando plenamente os objetivos propostos. A iniciativa, além de possuir caráter didático e educativo, comprovou sua viabilidade prática, evidenciando a importância de um planejamento adequado, da seleção criteriosa dos componentes e da correta execução da instalação. A implementação, acompanhada de cuidados básicos de manutenção preventiva, contribuiu para a eficiência e segurança do sistema, confirmando a efetividade da proposta.

REFERÊNCIAS

1. ABBEÓLICA. Brasil permanece em 6º lugar no ranking mundial de energia eólica. 2024. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/brasil-permanece-em-6o-lugar-no-ranking-mundial-de-energia-eolica/>. Acesso em: 14 ago. 2025.
2. CARVALHO, J. Turbinas eólicas ou aerogeradores. 2020. Disponível em: <https://oakenergia.com.br/turbinas-eolicas/>. Acesso em: 14 ago. 2025.
3. DE GRADUAÇÃO, Projeto; CASER, Eduardo Spalenza; PAIVA, Giuseppe da Mota. Projeto aerodinâmico de uma turbina eólica de eixo vertical (TEEV) para ambientes urbanos. 2016.
4. DUTRA, Ricardo Marques. Energia eólica: princípios e tecnologias. Rio de Janeiro: CRESESB, 2008. Disponível em: https://cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_eolica_2008_e-book.pdf. Acesso em: 14 ago. 2025.
5. FERREIRA, Júlio C. Energia eólica: princípios e tecnologia. Disponível em: https://cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_eolica_2008_E-BOOK.PDF. Acesso em: 14 ago. 2025.
6. FERNANDES, [Primeiro nome não informado]. Análise e simulação de turbinas eólicas de eixo vertical (Darrieus e Lenz2) e horizontal para o dimensionamento de geradores elétricos. 2018. Disponível em:

- c:/users/liral/appdata/local/microsoft/windows/inetcache/ie/bp0mclnl/tcc-lgj-turbineolicas-ssthefanysouza-2018[1].pdf. Acesso em: 14 ago. 2025.
7. GLOBAL WIND REPORT. 2024. Disponível em: https://img.saurenergy.com/2024/05/gwr-2024_digital-version_final-1-compressed.pdf. Acesso em: 14 ago. 2025.
 8. GOMES, Adalberto Gomes da. Princípios aerodinâmicos de uma turbina eólica de eixo vertical: características básicas das turbinas Savonius e Darrieus. 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/4884>. Acesso em: 14 ago. 2025.
 9. IBREDUTORES. Como se calcula a RPM em polias e engrenagens? 2017. Disponível em: <https://www.redutoresibr.com.br/pt/noticia/como-se-calcula-a-rpm-em-polias-e-engrenagens->. Acesso em: 14 ago. 2025.
 10. LEÔNICIO, Filipe. Movimento circular e relação de transmissão. 2017. Disponível em: https://ppgefis.cariacica.ifes.edu.br/images/stories/mnpef_produto_educacional_bruno_bassini_turma_2016_compressed.pdf. Acesso em: 14 ago. 2025.
 11. LOPES, [Primeiro nome não informado]. Turbina Darrieus numa plataforma aérea por efeito Magnus. 2017. Disponível em: https://run.unl.pt/bitstream/10362/36890/1/Moreira_2017.pdf. Acesso em: 14 ago. 2025.
 12. MÖLLERSTRÖM, Erik; KALOGERAKIS, Konstantinos; MÜLLER, Gerd. A historical review of vertical axis wind turbines rated 100 kW and above. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 105, p. 1-13, 2019.
 13. PEDRO NEY. Turbinas Darrieus. 2019. Disponível em: <https://www.electricalibrary.com/2019/03/12/turbinas-darrieus/>. Acesso em: 14 ago. 2025.

AGRADECIMENTOS

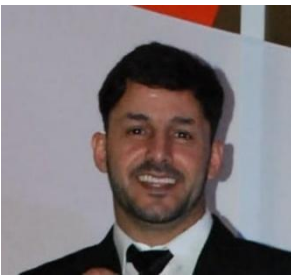
Aos professores da instituição UniSENAI e ao coordenador do curso.

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

Sobre os autores:

i WANDERLEYD AMARO

Possui curso técnico em Mecânica de Precisão, pela faculdade Senai suíço Brasileira (2024), cursando atualmente Tecnólogo em Mecânica de Precisão pela faculdade Senai Suíço Brasileira (2025), atualmente trabalha na empresa Visomes, atuando na área de calibração no laboratório de temperatura.

ii GILBERTO NEPOMUCENO

Possui curso técnico em eletroeletrônica pelo Senai Ary Torres (2014). Curso segurança do trabalho pelo Etec Jardim Ângela (2019), cursando atualmente Tecnólogo em Mecânica de Precisão pela faculdade Senai Suíço Brasileira (2025), atualmente trabalha na empresa BRBUS tecnologia e serviços Ltda como técnico de manutenção n2 e atua com instalação e reparo de computadores de bordo em ônibus urbano.

iii BEATRIZ MONTEIRO DE SOUZA

Possui curso técnico em mecânica de precisão, pela escola e faculdade SENAI Suíço-Brasileira (2024), cursando atualmente Tecnólogo em Mecânica de Precisão pela escola e faculdade SENAI Suíço-Brasileira (término 2027), atualmente trabalha na empresa Brapenta Loma Systems, atuando na área de service.

iv JOÃO HENRIQUE SOUZA FARIAS



Possui curso técnico em Mecânica de Precisão pela Escola Suíço-Brasileira Paulo Ernesto Tolle (2024), cursando atualmente Tecnólogo em Mecânica de Precisão pela faculdade Senai Suíço Brasileira (2025), atualmente, atua na empresa Eximport Lubequip, exercendo a função de operador CNC na área de produção.

▼ JOSUÉ RARAH



Possui graduação em Engenharia Graduação em Projetos Mecânico com especialização em Engenharia de Produção pela Faculdade UNINTER (2014), e Mestrado em Engenharia Metalúrgica (2024) pela Universidade de São Paulo USP. Atualmente é professor da Faculdade Senai de Tecnologia Mecatrônica, lecionando as disciplinas de Projetos, CNC, Simulação de Elementos Finitos, Integração de componentes mecânicos e Gestão de produtos no curso Tecnológico em Mecânica de Precisão. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Projetos, Processos etc.