

Construção de um aerogerador para o ensino-aprendizagem de Física

Gabriel M. Figueredo | gabriel.mf2008@aluno.ifsc.edu.br¹
João Henrique V. dos Santos | joao.hvs28@aluno.ifsc.edu.br¹
Matheus M. Domingos | matheus.md2008@aluno.ifsc.edu.br¹
Vinícius L. Martins | vinicius.lm2009@aluno.ifsc.edu.br¹
Bruno L. Dias | bruno.leal@ifsc.edu.br²
Letícia Jorge | leticia.jorge@ifsc.edu.br²

Trabalho de Pesquisa
DT 4 - Inovação Tecnológica, Processos Produtivos e Futuro das Tecnologias

Resumo:

O ensino de Física ainda enfrenta desafios, especialmente a dissociação entre teoria e prática. Nesse contexto, a experimentação se apresenta como alternativa, promovendo o protagonismo discente. Diante disso, o presente estudo, de natureza aplicada, teve como objetivo analisar de que forma a construção de um aerogerador pode favorecer a articulação entre teoria e prática na aprendizagem de conceitos de Física por estudantes do curso Técnico Integrado em Eletromecânica do IFSC – Campus Araranguá. Para tanto, foi desenvolvido um protótipo de aerogerador vertical do tipo Darrieus H-Rotor, utilizando materiais de baixo custo e reaproveitáveis. O processo envolveu planejamento, modelagem tridimensional, construção e testes experimentais, mobilizando conhecimentos das áreas de Física, Eletrotécnica, Mecânica e Desenho Assistido por Computador. Os resultados indicaram que o dispositivo foi capaz de gerar energia elétrica suficiente para acender LEDs, evidenciando seu funcionamento básico. Contudo, limitações experimentais inviabilizaram a análise quantitativa da eficiência energética do sistema. Do ponto de vista educacional, considerou-se que a construção do aerogerador constituiu uma estratégia promissora para o ensino de Física.

Palavras-chave: ensino de Física; projeto integrador; aerogerador.

Introdução

O ensino de Física configura-se como um desafio histórico no contexto educacional brasileiro, caracterizado por dificuldades na apropriação conceitual, baixa motivação discente e pela predominância de abordagens pedagógicas centradas na transmissão

¹ Estudante do curso Técnico Integrado em Eletromecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC) - Campus Araranguá.

² Servidor(a) da área de ensino de Física do IFSC - Campus Araranguá.

mecanizada de conteúdo. Tais práticas comprometem a compreensão dos significados físicos e das relações entre conceitos, mantendo a dissociação entre teoria e prática.

A experimentação, a citar, possibilita relacionar conceitos físicos ao cotidiano dos estudantes, ampliando a compreensão e estimulando o pensamento crítico (Ferrareis, 2019). Nesse sentido, a adoção de práticas experimentais de baixo custo e alta viabilidade, especialmente em escolas com recursos limitados, configura-se como uma alternativa promissora. No Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), Campus Araranguá, observa-se, por exemplo, a ausência de um aerogerador funcional. Diante disso, e aproveitando o contexto da componente curricular de Projeto Integrador, estudantes do segundo ano do curso Técnico Integrado em Eletromecânica (TIEM) identificam a oportunidade de construção de um modelo didático de aerogerador – com materiais de baixo custo e reaproveitáveis – que articule conteúdo da área da Física, e de outros campos, com discussões sobre energias renováveis e seus impactos socioambientais.

Por conseguinte, esta pesquisa, de natureza aplicada – que visa à solução de um problema concreto por meio do desenvolvimento de produtos e tecnologias –, delimita a seguinte questão: como a construção de um aerogerador pode favorecer a articulação entre teoria e prática na aprendizagem de conceitos de Física de um grupo de estudantes do TIEM? O objetivo é analisar de que maneira o planejamento e desenvolvimento de um aerogerador vertical pode contribuir para o processo de ensino e aprendizagem de conceitos físicos, por meio da implementação de uma prática pedagógica experimental e interdisciplinar, no contexto do ensino médio técnico.

Para tanto, apresentam-se os conceitos físicos passíveis de exploração por meio do aerogerador, seguidos do planejamento e da construção do protótipo – seções que abrangem a fundamentação teórica do trabalho. Na sequência, são discutidos os resultados qualitativos dos testes piloto, uma vez que o foco deste trabalho está na concepção e construção do protótipo do aerogerador. A avaliação quantitativa de seu desempenho, com vistas à validação de sua eficácia e potencial de aplicação, constitui uma etapa futura da pesquisa. Sendo assim, e por fim, analisam-se as limitações e potencialidades do projeto, considerando sua implementação não apenas no ensino de Física, mas também em integração com outras áreas.

A Física do aerogerador

Os aerogeradores classificam-se quanto à interação com o vento em arraste e sustentação: os de arraste, menos eficientes, operam pela força direta do vento, enquanto os de sustentação utilizam princípios aerodinâmicos e apresentam maior eficiência. Eles, também, podem ser classificados quanto ao eixo em vertical ou horizontal e possuem cinco componentes principais: torre (suporte), rotor (transmissão do movimento), nacele (sistemas internos), gerador (conversão em energia elétrica) e pás (captação do vento) (Ferrareis, 2019).

A energia associada ao vento aumenta quanto maior for a quantidade de ar em movimento e, principalmente, quanto maior for sua velocidade. Além disso, ao considerar o fluxo de ar que atravessa uma determinada área, como a região varrida pelas pás de uma turbina, pode-se descrever a potência disponível no vento em função da densidade do ar, da área interceptada e da velocidade do escoamento.

Entretanto, os aerogeradores não convertem integralmente a energia do vento em energia útil devido a perdas mecânicas e limitações aerodinâmicas; mesmo em condições ideais, o limite teórico de conversão é de cerca de 59%. Assim, o aproveitamento ocorre em etapas: parte da energia cinética do vento é transferida às pás, convertida em energia mecânica de rotação do rotor e, posteriormente, transformada em energia elétrica no gerador por indução eletromagnética, na qual a variação do campo magnético nos condutores dá origem a uma força eletromotriz.

Planejamento e desenvolvimento do aerogerador

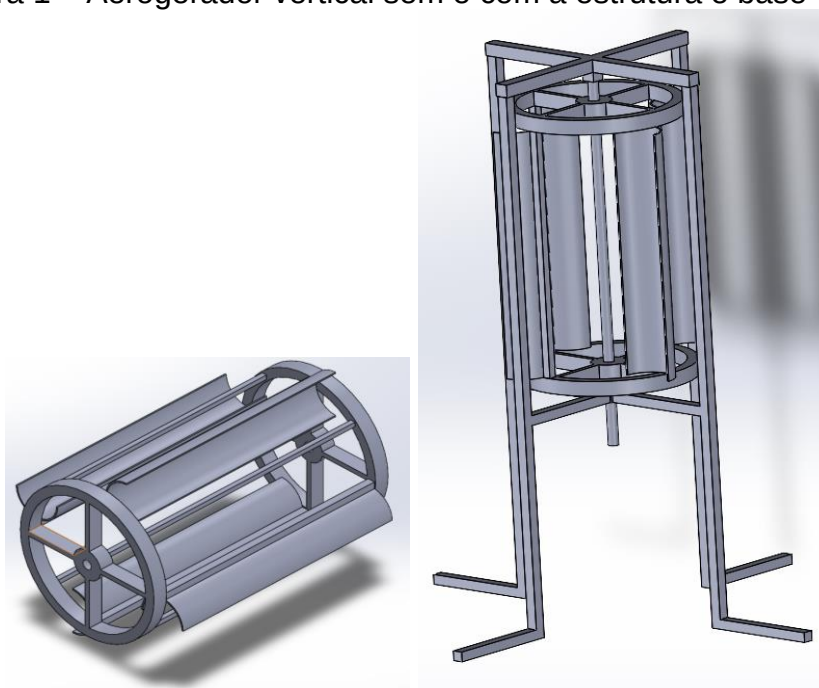
A proposta de construção do aerogerador didático baseou-se no modelo Darrieus do tipo H-Rotor (Figura 1), uma turbina eólica de eixo vertical. A escolha se justificou pela facilidade de montagem, maior robustez estrutural, melhor desempenho em ventos turbulentos, maior segurança em relação aos modelos de eixo horizontal, baixa emissão de ruídos e operação independente da direção do vento (Martins; Guarnieri; Pereira, 2008).

Com base nisso, estabeleceram-se os parâmetros do protótipo: diâmetro externo da roda de 320 mm, diâmetro interno de 140 mm, segundo diâmetro externo de 32,5 mm e interno de 20 mm, haste interna de 10 mm em cada lado (posicionada a 45° e a 106 mm da

origem), largura da roda de 30 mm, pás com diâmetro externo de 50 mm e interno de 47 mm, base quadrada de 15 mm por lado, largura total de 560 mm, e uso de materiais reciclados, como metal (haste), roda de bicicleta (eixo) e PVC (pás e estrutura).

Posteriormente, foram elaborados desenhos técnicos, esquemas funcionais e modelagem tridimensional do aerogerador (Figura 1), por meio do *software SolidWorks*, considerando critérios como eficiência energética e viabilidade econômica.

Figura 1 – Aerogerador vertical sem e com a estrutura e base



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A construção do aerogerador ocorreu nas dependências do Campus, com uso de ferramentas e materiais dos Laboratórios de Ensino de Física, de Soldagem e da Fábrica (bloco F), contando com o apoio de docentes e técnicos. Priorizou-se o uso de materiais recicláveis e de baixo custo, em consonância com princípios de sustentabilidade e viabilidade econômica, mobilizando conhecimentos de Física, Eletrotécnica, Mecânica e Desenho Assistido por Computador.

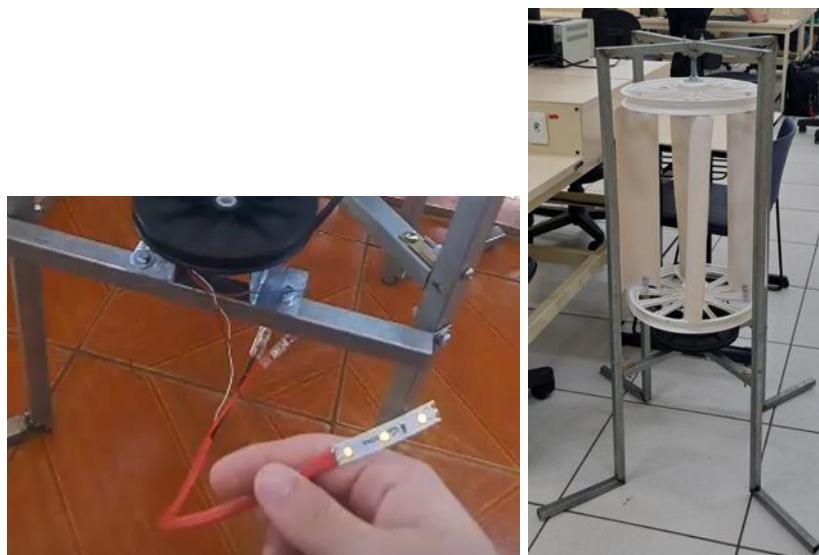
A estrutura externa foi montada com cerca de 8 m de tubos de aço (20×20 mm), fixados com parafusos, porcas e cantoneiras em L. O rotor foi apoiado por dois mancais, e as pás, feitas de tubos de PVC de 100 mm cortados ao meio (50 cm). A fixação utilizou cantoneiras em L, e o eixo foi constituído por rodas de bicicleta recicladas.

Durante a montagem do aerogerador, a soldagem da estrutura externa foi realizada pelo técnico do laboratório – devido à baixa espessura dos tubos de aço que tendiam a derreter e exigiram maior controle no processo. O rotor, por sua vez, foi montado pelos alunos no laboratório de Física, envolvendo a fixação do eixo, rodas, pás, polias e mancais, seguida de lixamento e pintura dos componentes.

Resultados e discussões

O aerogerador foi submetido a testes piloto de funcionamento para avaliar sua capacidade de geração de energia elétrica, estabilidade estrutural e comportamento frente à incidência de vento. Em todos os testes, buscou-se gerar energia suficiente para acionar um pedaço de fita de LEDs. Observou-se tensão média de aproximadamente 6 V, com picos de até 9 V, valores suficientes para acender parte da fita (Figura 2).

Figura 2 – Fita de LEDs utilizada nos testes do aerogerador



Fonte: Arquivo pessoal dos autores (2025).

No entanto, em razão da intensidade baixa da corrente elétrica que atravessou os LEDs, não foi possível realizar sua medição com os instrumentos disponíveis. Tal medida, entretanto, seria fundamental para a determinação da potência elétrica gerada, grandeza diretamente relacionada à eficiência de conversão eletromagnética de energia do dispositivo.

Essa limitação inviabilizou a avaliação da eficiência energética do aerogerador, pois não foi possível determinar a potência útil – correspondente à parcela efetivamente convertida em trabalho – em relação à potência total fornecida ao sistema. Nessas condições, a potência dissipada, associada às perdas energéticas, seria obtida pela diferença entre essas grandezas. Assim, considerou-se desempenho satisfatório quando a potência útil superava a dissipada, enquanto a predominância da potência dissipada indicou baixa eficiência energética do protótipo.

Para aprimorar a eficiência do protótipo, buscaram-se orientações técnicas e analisaram-se estratégias de otimização, como a redução da massa do rotor, a alteração do diâmetro das polias para aumentar a relação de transmissão e a rotação do gerador, e o aprimoramento aerodinâmico das pás. Também foi proposto o aumento da tensão gerada pela associação em série das bobinas do motor de passo, utilizado como gerador, além da implementação de uma ponte retificadora para converter corrente alternada em corrente contínua, permitindo a alimentação de pequenos circuitos eletrônicos.

Considerações finais

O desenvolvimento do aerogerador possibilitou a aplicação integrada de conhecimentos, como Desenho Assistido por Computador, Metrologia, processos de Soldagem, Eletromagnetismo, Eletricidade, dentre outros, favorecendo a articulação entre teoria e prática no ensino de Física e contribuindo para a sensibilização e a conscientização ambiental dos estudantes. Ao longo de todo o processo, os discentes atuaram de forma colaborativa, sob a orientação de docentes, desenvolvendo competências técnicas, investigativas e comunicativas.

O protótipo do aerogerador evidenciou relevância institucional ao fortalecer o laboratório didático de Física do Campus com um novo acervo e ampliar suas possibilidades de uso no ensino, na pesquisa e na extensão.

Paralelamente, há a perspectiva de sua instalação em uma área da instituição com condições favoráveis de vento, viabilizando estudos experimentais mais aprofundados. Nesse contexto, prevê-se a integração de um dispositivo de carga resistiva fixa, com vistas à avaliação da potência gerada, o que permitirá a ampliação das investigações sob um viés mais quantitativo.



Referências

FERRAREIS, D. A. **Proposta para o desenvolvimento de experimentos de Física Ambiental para os cursos de engenharia usando fontes de energia renovável.** 2019. 78 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2019.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 1-13, 2008.