



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS ANGICAL DO PIAUÍ - PI
CURSO LICENCIATURA EM FÍSICA**

IRISLENE BERNARDA DE SOUSA

**DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVOS DIDÁTICOS UTILIZANDO MATERIAIS
RECICLADOS PARA DEMONSTRAR PRINCÍPIOS DE AERODINÂMICA E
ENERGIA EÓLICA NO ÂMBITO DO INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ NA CIDADE
DE ANGICAL DO PIAUÍ-PI**

ANGICAL DO PIAUÍ - PI

2026

IRISLENE BERNARDA DE SOUSA

DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVOS DIDÁTICOS UTILIZANDO MATERIAIS
RECICLADOS PARA DEMONSTRAR PRINCÍPIOS DE AERODINÂMICA E
ENERGIA EÓLICA NO ÂMBITO DO INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ NA CIDADE
DE ANGICAL DO PIAUÍ-PI

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Angical.

Orientadora: Prof^a. Dr^o. Samara Clotildes Saraiva Rodrigues.

Coorientador: Prof. Me. Denisfran Cardoso Soares

DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVOS DIDÁTICOS UTILIZANDO MATERIAIS RECICLADOS PARA DEMONSTRAR PRINCÍPIOS DE AERODINÂMICA E ENERGIA EÓLICA NO ÂMBITO DO INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ NA CIDADE DE ANGICAL DO PIAUÍ-PI

Irislene Bernarda de Sousa¹

Samara Clotildes Saraiva Rodrigues²

RESUMO

Este trabalho remete aos dispositivos didáticos usando material reciclado. O objetivo do estudo foi identificar quais os conhecimentos que os alunos tinham com relação ao conteúdo abordado. Para isso, propõe-se a seguinte pergunta: Quais conhecimentos físicos estão presentes na composição dos dispositivos didáticos usando material reciclável na produção de cata-vento? O estudo ocorreu, inicialmente, por meio de uma aplicação de um questionário com os alunos de 1ª e 2ª ano do Ensino Médio, com questões fechadas com base nos objetivos da pesquisa. Além disso, a pesquisa buscou desenvolver e aplicar os cata-ventos identificando os conhecimentos dos alunos. A pesquisa foi implementada em quatro etapas, no qual envolveu a aplicação de um questionário, aula sobre aerodinâmica e energia eólica, exposição e explicação sobre o funcionamento dos cata-ventos e a reaplicação do questionário. A abordagem experimental utilizada nesse trabalho despertou o interesse e curiosidade dos alunos, proporcionando a aprendizagem e compreensão de como a energia do vento se transforma em energia elétrica.

Palavras-chave: aerodinâmica; energia eólica; cata-ventos.

ABSTRACT

This work refers to teaching devices using recycled material. The objective of the study was to identify the knowledge that students had regarding the content addressed. To this end, the following question is proposed: What physical knowledge is present in the composition of teaching devices using recyclable material in the production of a windmill? The study initially took place through the application of a questionnaire to 1st and 2nd year High School students, with closed questions based on the research objectives. Additionally, the research sought to develop and apply the windmills by identifying the students' knowledge. The research was implemented in four stages, which involved the application of a questionnaire, a class on aerodynamics and wind energy, a presentation and explanation of how windmills work, and the reapplication of the questionnaire. The experimental approach used in this work sparked the interest and curiosity of the students, providing learning and understanding of how wind energy is converted into electrical energy.

Keywords: aerodynamics; wind energy; windmills.

Data de aprovação: 27/02/2026

¹ Graduanda em Licenciatura em Física, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia — Campus Angical do Piauí, caang.20191fa12@aluno.ifpi.edu.br

² Prof Dr Samara Clotildes Saraiva, Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia do Piauí campus Angical. samara.rodrigues@ifpi.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Este estudo tem como tema dispositivos didáticos usando materiais reciclados para demonstrar os princípios de aerodinâmica e energia eólica. A escolha do tema decorre do interesse em compreender como a conversão da energia cinética do vento em energia mecânica nos cata-ventos, bem como analisar seu potencial como recurso pedagógico no ensino de física.

Os princípios básicos para a geração de energia elétrica a partir do vento se relacionam intimamente com grandes temas estudados pela física, que pode servir como um auxiliar para o estudo desses conteúdos (Picolo; Bühler; Rampinelli, 2014).

Neste sentido, esta pesquisa se volta de forma geral a desenvolver os dispositivos didáticos utilizando materiais reciclados para demonstrar princípios de Aerodinâmica e Energia Eólica. De maneira específica, busca-se: desenvolver cata-ventos utilizando papelão, PVC e madeira; identificar os conhecimentos que os alunos possuem sobre o tema; aplicar uma avaliação para verificar o quanto os alunos aprenderam e compreenderam os conceitos trabalhados.

Para tanto, busca-se responder à seguinte pergunta: Quais conceitos físicos são mobilizados na construção e funcionamento de cata-ventos produzidos com materiais recicláveis?

Esta pesquisa justifica-se por meio de como os conhecimentos sobre aerodinâmica e energia eólica podem ser desenvolvidos por meio de dispositivos didáticos com os alunos do IFPI de uma forma dinâmica e expressiva, além do mais, fazendo com que os discentes tenham mais "interesse" tendo o contato físico com o objeto construído (cata-ventos).

2 ENERGIA E SEUS PRINCÍPIOS

A física, em seus diversos aspectos, está presente em todas as situações do cotidiano, tanto na vida pessoal quanto na acadêmica. De forma geral, ela nos proporciona uma ampla compreensão de conhecimentos, conceitos e princípios que orientam a compreensão dos fenômenos ao nosso redor.

2.1 PRINCÍPIOS DA AERODINÂMICA

Para Sampaio (2019, p.14), na física, aerodinâmica é o estudo dos fluidos, que ocorre pela observação da movimentação dos gases, no movimento do ar em relação aos corpos sólidos.

O estudo da aerodinâmica tem-se tornado essencial para inúmeras atividades, como, para projetos e desenvolvimentos aeronáuticos e astronáuticos, bem como, também aos projetos de construção civil (estudo de pontes e edifícios de certa envergadura), ou aos projetos de outras máquinas de alta velocidade (automóveis, comboios, barcos, etc.) (Vicente, 2008).

Os princípios físicos que sustentam o estudo da Aerodinâmica são: o princípio da força de arrasto e a força de sustentação.

- **Força de Arrasto**

A força de arrasto, de modo geral, é uma força de resistência que envolve a movimentação de um objeto em meio fluido, sendo ele líquido ou gasoso. Além do mais, é uma força que atua no sentido oposto com relação ao movimento do objeto no meio, como mostra a figura abaixo e a seguinte fórmula.

Figura 01 — Força de arrasto



Fonte: Adaptado de Vicente (2008)

Dessa maneira, segue a seguinte Fórmula da Força de arrasto:

$$D = \frac{1}{2} \times c \times \rho \times A \times v^2$$

D — Módulo da força de arrasto, medido em Newton (N);

C — Coeficiente de arrasto, depende da forma do corpo, geralmente varia entre 0,4 e 1;

P — massa específica do fluido, medida em quilograma por metro cúbico (kg/m³);

A — área da seção reta efetiva do corpo (área de uma seção reta perpendicular à velocidade), medida em metros quadrados (m²);

V — Velocidade do corpo, medida em metros por segundo (m/s).

Geralmente, é muito complicado reduzir o tamanho da área frontal de um veículo devido ao espaço ocupado pelos componentes. Deste modo, usualmente é

optado por reduzir o coeficiente de arrasto (Ljungström; Ottosson; Saeed, 2016, tradução nossa). Conforme a figura abaixo.

Figura 02 — Demonstração dos princípios físicos da aerodinâmica



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

A diferença de pressão gerada na calda do veículo provoca um aumento na força resistiva (White, 2011). Para evitar a formação dessas esteiras, é fundamental que o escoamento de ar permaneça aderido à superfície do veículo pelo maior tempo possível.

- Força de Sustentação

Essa força tem influência reduzida em veículos que trafegam a velocidades inferiores a 100 km/h. As turbinas eólicas podem ser acionadas pela força de sustentação — na qual as pás funcionam de modo semelhante às asas de uma aeronave — ou pela força de arraste, em que o vento atua empurrando diretamente as pás da turbina (Lopez, 2012).

A sustentação é definida como a componente da força aerodinâmica total que atua perpendicularmente ao vento relativo. Essa força surge devido à diferença de pressão entre a face inferior (intradorso) e a face superior (extradorso) do aerofólio, promovendo seu movimento ascendente, além da reação do ar descrita pela Terceira Lei de Newton. Sendo assim, segue abaixo a presente fórmula:

$$L = C_L \frac{\rho}{2} S V^2$$

onde:

- C_L é o coeficiente de sustentação
- ρ (rho) é a densidade do ar (1,225 kg/m³ no nível do mar)
- V é a velocidade do vento em relação ao perfil aerodinâmico (vento relativo).
- S ou A é a área projetada sobre o plano perpendicular à direção do vento.
- L é a força de sustentação produzida.

2.2 ENERGIA EÓLICA

A energia eólica é um processo, onde o vento é transformado em energia cinética, para gerar a eletricidade com as turbinas eólicas, ou seja, nesse processo ocorre o movimento de rotação e translação para que a energia cinética seja convertida. Para a produção de energia elétrica, são utilizadas turbinas eólicas, também conhecidas como aerogeradores, e para a realização de trabalhos mecânicos, cata-ventos de diversos tipos (Alves, 2006).

A utilização da energia eólica tem papel essencial quando se trata de desenvolvimento. Esse ponto é fundamental e tem impacto positivo para o meio ambiente e também para a humanidade.

Em definição, a energia eólica é uma energia produzida pela força dos ventos, sendo considerada como uma das fontes de energia, sendo a mais antiga usada pela humanidade. É uma energia considerada limpa, renovável e proveniente da radiação solar, uma vez que os ventos são gerados pelo aquecimento não uniforme da superfície terrestre (Rodrigues; Aquino; Thomaz, 2015).

É relevante destacar que a energia eólica tem condições de ser aproveitada e utilizada na geração de energia elétrica, por meio da indução eletromagnética, e para trabalhos mecânicos como bombeamento de água e trituração de grãos.

2.2.1 Vantagens e Desvantagens da energia eólica

VANTAGENS	DESVANTAGENS
A redução da dependência de combustíveis fósseis, uma vez que o vento é um recurso abundante e renovável.	Emissão de ruído
A ocupação de pequeno espaço físico e a possibilidade de continuação das atividades entre os aerogeradores (agricultura e pecuária);	Interferências eletromagnéticas
O incremento na economia local, bem como, a geração de empregos;	Destinação final dos resíduos
A emissão mínima de poluentes;	Não tem

A contribuição na diversificação da matriz energética;		Não tem
A ascensão da indústria eólica, conjugada com o desenvolvimento tecnológico do setor que vem reduzindo custos de construção e geração.		Não tem
O grande potencial a ser explorado no Brasil e no mundo.		Não tem

Para Dutra (2004), o impacto ambiental causado pelo ruído gerado pelo sistema eólico foi um dos mais importantes temas de discussão e bloqueio na disseminação da energia eólica durante a década de 80 e início da década de 90.

Para Carvalho (2003), o ruído proveniente das turbinas eólicas tem duas origens: mecânica e aerodinâmica. Segundo o autor, o ruído mecânico origina-se, principalmente, da caixa de engrenagens que funciona como elemento de ligação entre a baixa rotação das pás e a elevada rotação do eixo gerador, enquanto o ruído aerodinâmico está relacionado à velocidade do vento incidente sobre a turbina eólica.

Terciote descreve como acontece a interferência eletromagnética:

[...] Qualquer grande estrutura em movimento pode produzir interferência eletromagnética (IEM). Turbinas eólicas podem causar IEM por reflexão de sinais das pás de modo que um receptor próximo recebe um sinal direto e um refletido. A interferência ocorre porque o sinal refletido é atrasado devido à diferença entre o comprimento das ondas alterado por causa do movimento das pás. A IEM é a maior em materiais metálicos, que são refletores e mínimos para pás de madeira, que absorvem. A fibra de vidro reforçada com epóxi, que é utilizada na maioria das pás modernas, é parcialmente transparente às ondas eletromagnéticas e, portanto, diminui o efeito da IEM. (2002, p.5).

Dessa maneira, as interferências eletromagnéticas podem de certa forma, variar de acordo com as características geográficas do ambiente que no qual está sendo feita a instalação.

As pás dos aerogeradores são produzidas por dois materiais não biodegradáveis: a fibra de vidro e a resina epóxi, sendo que a segunda é utilizada para impregnar a primeira. Além de não serem biodegradáveis, ambos apresentam reciclagem complexa.

2.3 BREVE HISTÓRICO DA ENERGIA EÓLICA

De acordo com Hinrichs e Kleinbach (2003), a energia resultante dos ventos constitui uma das mais antigas fontes energéticas exploradas pela humanidade, havendo primeiramente aplicada em moinhos de vento voltados ao bombeamento de água e à moagem de grãos.

Conforme Fadigas:

Os tradicionais moinhos de vento de eixo de rotação horizontal provavelmente foram inventados na Europa. A primeira informação documentada registra o seu aparecimento no ano de 1180, em Duchy, Normandia. As máquinas primitivas de eixo vertical persistiram até o século XII, quando os moinhos de vento de eixo horizontal do tipo holandês começaram a ser usados em larga escala em vários países da Europa, tais como Inglaterra, França e Holanda. (2011, p.10).

Segundo a autora, os moinhos de vento ganharam, progressivamente, na Idade Média, importância política e econômica e porque não dizer de dominação, já que os senhores feudais os utilizavam como forma de submeter os camponeses às suas determinações.

Segundo Hinrichs e Kleinbach:

No final da década de 80 e início da década de 90 (séc. XX), com a estabilização da crise do petróleo e sua acentuada queda no mercado internacional, chegando a seu ápice em 1986, e considerando o aumento da produção de gás natural e o fim dos incentivos fiscais para energias alternativas, o desenvolvimento de energia eólica foi atenuado. (2003, p.318).

2.4 EXPERIMENTO DOS CATA-VENTOS E O ENSINO.

É importante destacar que o desenvolvimento de máquinas eólicas tem origem remota e incerta. Tem-se o seguinte relato: no século VII, na Pérsia, já se utilizava o vento para moer grãos. Eram chamadas de moinhos de vento e geralmente apresentavam hélices de madeira com eixo de transmissão horizontal (Aldabo, 2002).

Essas máquinas, que funcionam através da força dos ventos, também adquirem características extremamente variadas e tornam-se disponíveis de muitas outras formas, como a das velas dos barcos, cujo motor é a energia do vento que sobre elas incide. À medida que se aumentou a necessidade de construção de dispositivos, houve sensíveis avanços técnicos nos dispositivos eólicos (Souza, et al; 2012).

Os cata-ventos têm, por sistema eólico a principal finalidade a possibilidade de oferecer um produto de baixo custo para a massificação do uso de cata-ventos para os fins desejados, contribuindo para a minimização do problema de falta de energia

para as populações mais pobres. Pode ser utilizado nas zonas rurais e urbanas e representa uma alternativa correta para a reutilização de materiais danosos ao meio ambiente (Souza, et al; 2012).

O aerogerador didático permitiu, aos orientadores envolvidos, ensinar a maneira de montagem do protótipo, de forma dinâmica, saindo das aulas tradicionais para despertar o interesse dos alunos chamar a atenção para as diferentes áreas em que o mesmo pode ser aplicado.

A intenção era projetar um sistema que permitisse aos alunos se familiarizarem com: o uso da energia eólica, o princípio de operação de componentes individuais e de todo o sistema, e o gerenciamento e monitoramento do sistema.

2.5 METODOLOGIA DA PESQUISA

Para o avanço desta pesquisa, foi realizado uma pesquisa de caráter descritivo com abordagem mista. A pesquisa descritiva, é aquela onde vai ser feito a descrição de uma população ou fenômeno, já a pesquisa mista, diz respeito a natureza sequencial ou concomitante, que no qual utiliza-se os métodos qualitativos e quantitativos. (Bueno, 2018; GIL, 2011).

Este trabalho teve como público alvo os alunos do 1º e 2º ano do ensino médio das turmas de informática e alimentos. A turma de informática (INF2) era composta por 30 alunos e a turma de alimentos (ALM 1) era composta por 35 alunos, todos com faixa etária entre 15 e 16 anos de idade do Instituto Federal — Campus Angical do Piauí.

A presente pesquisa foi executada em 4 etapas para a consecução dos resultados.

1ª Etapa: Realizou-se a aplicação de um questionário composto por 8 questões objetivas (ANEXO 1) nas turmas para saber os conhecimentos prévio dos alunos,

2ª Etapa: Aula sobre a Aerodinâmica e Energia Eólica nas turmas (ANEXO 2).

3ª Etapa: Exposição e Exploração dos cata-ventos construídos com materiais reciclados (ANEXO 3).

4ª Etapa: Reaplicação do questionário previamente aplicado, bem como o registro fotográfico dos cata-ventos confeccionados para a exposição da aula.

2.6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

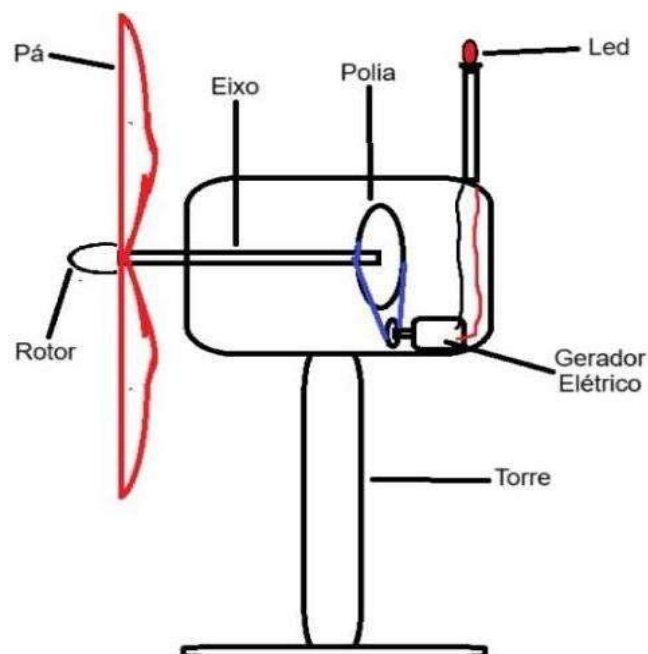
2.6.1 PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DOS CATA-VENTOS.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, os cata-ventos foram construídos para identificar os pontos positivos e negativos em torno da importância e da utilização da energia eólica para a sociedade.

Desta maneira, foram construídos três modelos de aerogerador (turbina eólica) seguindo modelo de uma real, ou seja, com três pás ligadas ao rotor. Os materiais utilizados: as pás, polias e a torre foram feitas com material de PVC, sendo em três formatos diferentes; o rotor foi construído em madeira; o gerador elétrico é um motor de 3v, e LED de 1,5v; o eixo em metal; a base e a estrutura em papelão.

Com o objetivo de aumentar a rotação do gerador elétrico e, conseqüentemente, otimizar a geração de energia, foi desenvolvido um sistema de polias em substituição às engrenagens de uma caixa de multiplicação. Conforme ilustrado na imagem, esse sistema permite a transmissão do movimento do rotor ao gerador, ampliando sua velocidade de rotação e possibilitando o acionamento do LED com maior eficiência.

Figura 03 — Construção do Cata-vento



Fonte: Elaborada pela autora (2026).

Figura 04— Modelos de aerogerador didáticos



Fonte: Elaborada pela autora (2026).

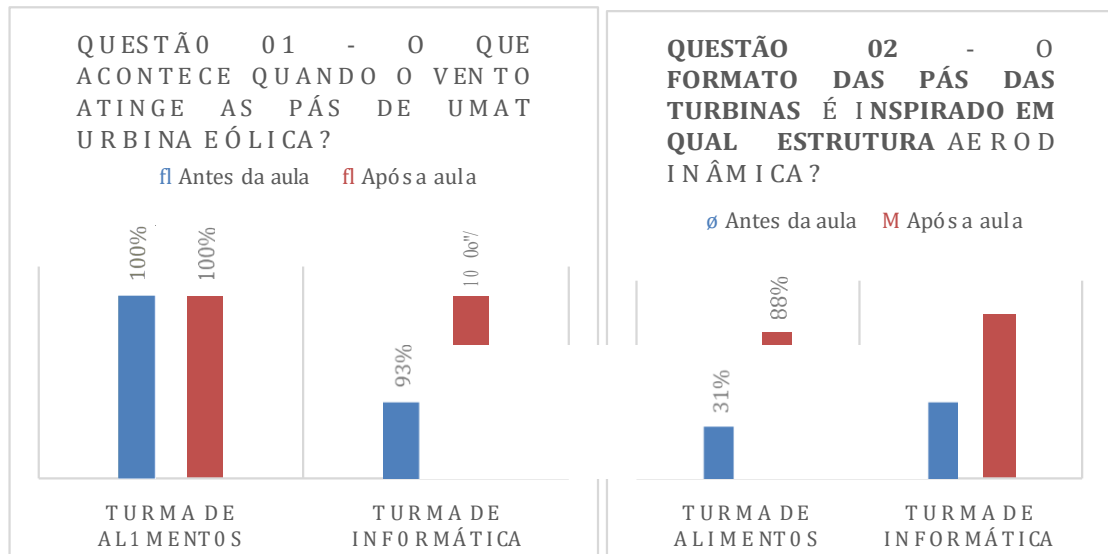
Tem-se as seguintes dimensões: O primeiro aerogerador possui as seguintes dimensões das pás: Comprimento de 18,5cm, largura inferior da pá de 3,5cm e nas pontas das pás 1,5cm; O segundo possui comprimento de 20,5cm, com largura das pás de 3,5cm na parte mais próxima ao rotor e 1,5cm nas pontas; O terceiro com comprimento de 20cm e largura de 5cm reduzindo para 3cm nas pontas.

Dentre os três modelos produzidos o modelo 2 seria o mais eficiente, com ventos fracos e moderados, porque ele possui o maior comprimento de pá e uma forma afilada. O modelo 3 pode gerar mais energia com ventos fortes, devido a sua maior largura. O modelo 1 é mais compacto, ideal quando há limitação de espaço ou material, ou seja, com ventos fracos ou moderados, o modelo 2 é mais eficiente, em ventos fortes o modelo 3 e com estrutura reduzida ou material limitado é o modelo 1.

As turbinas eólicas podem gerar entre 1,5v a 5v, dependendo da força do vento que o atingir, porém o formato e tamanho das pás necessitam de velocidade do vento diferente para gerar a mesma quantidade de eletricidade.

Para avaliar foi aplicado um questionário, com o objetivo de coletar os dados sobre o conhecimento dos discentes com relação a aerodinâmica e energia eólica, conforme o gráfico abaixo.

Figura 05 — Respostas das Questões 01 e 02 das turmas de (ALM 1) e (INF2)



Fonte: Elaborada pela autora (2026).

Fonte: Elaborada pela autora (2026).

A Questão 01 consistiu em uma pergunta aberta: “O que acontece quando o vento atinge as pás de uma turbina eólica?”. Considerou-se como resposta correta aquelas que mencionavam o movimento de rotação das pás e a conversão da energia cinética do vento em energia mecânica. Observou-se que tanto a turma de Alimentos quanto a turma de Informática apresentaram melhora no desempenho após a aula expositiva-dialogada e a demonstração com o modelo de cata-vento, indicando ampliação da compreensão conceitual.

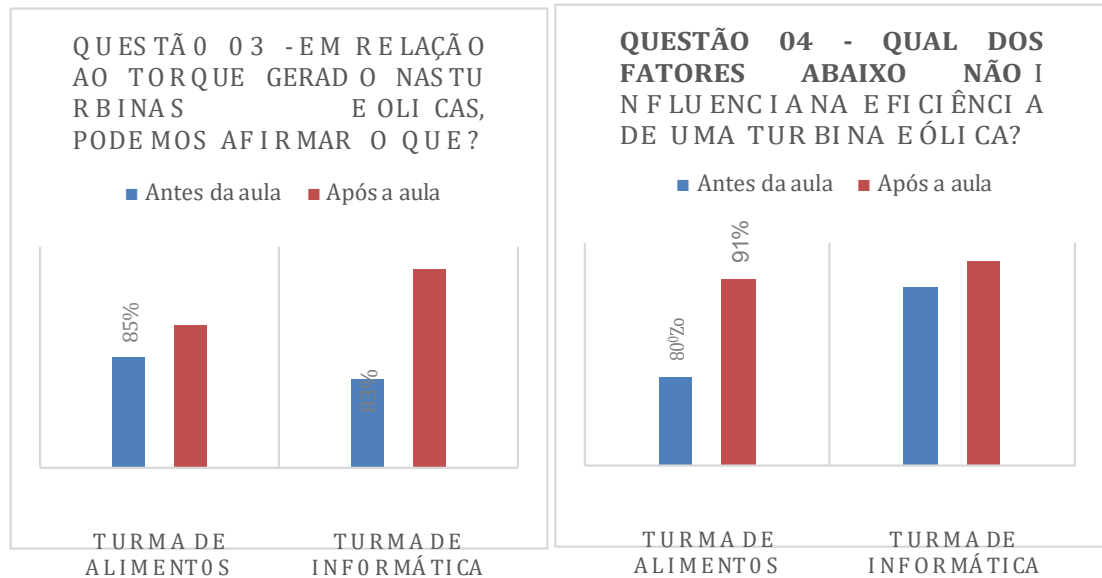
O questionário foi aplicado em sala de aula, com a participação de sessenta e cinco alunos, antes e após a intervenção didática. A comparação entre os resultados permitiu identificar avanço significativo no percentual de respostas corretas, especialmente na Questão 02, que abordava o formato aerodinâmico das pás das turbinas.

Na Questão 02, verificou-se que, antes da aula, poucos estudantes possuíam conhecimento prévio acerca da estrutura aerodinâmica das pás. Após a explicação dos conceitos de sustentação e diferença de pressão, bem como a contextualização com exemplos práticos, observou-se aumento expressivo no índice de acertos.

Esse resultado pode ser analisado à luz da teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel, segundo a qual a aprendizagem ocorre de forma mais eficaz quando novos conteúdos se relacionam de maneira não arbitrária aos conhecimentos prévios do estudante. A utilização do cata-vento como recurso didático favoreceu essa ancoragem conceitual, possibilitando que os alunos estabelecessem relações entre teoria e prática. Assim, a atividade prática funcionou como elemento mediador para a construção de conhecimentos significativos, conforme também

discutido por Moreira e Masini (2001), ao enfatizarem a importância da contextualização e da interação no processo de ensino-aprendizagem.

Figura 06 — Respostas das Questões 03 e 04 das turmas de (ALM 1) e (INF2)



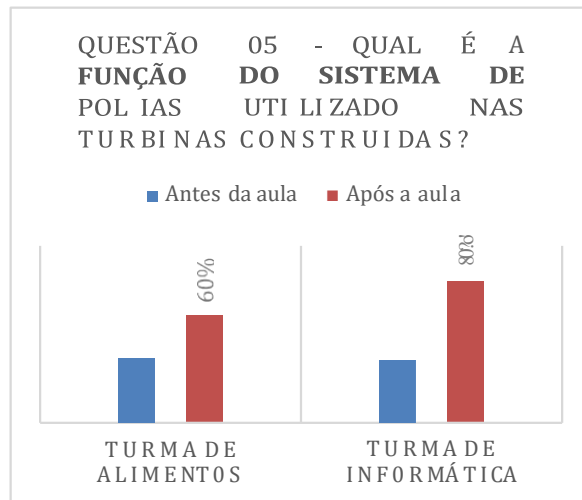
Fonte: Elaborada pela autora (2026).

Fonte: Elaborada pela autora (2026).

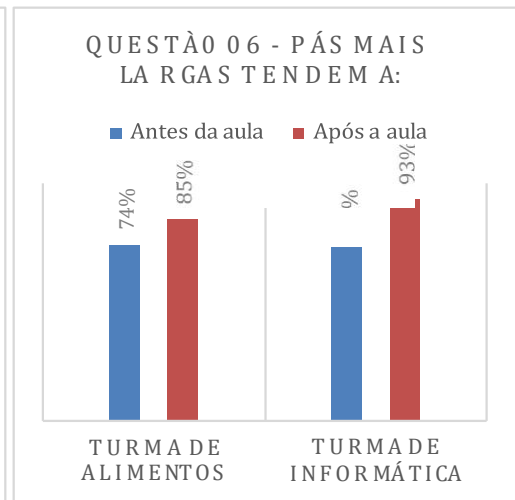
Na questão 03, observou-se que os alunos apresentavam conhecimento prévio acerca do conceito de torque. Entretanto, após a aula expositiva, esse conhecimento foi ampliado, refletindo-se em uma variação positiva nos percentuais de respostas corretas, ou seja, em relação ao torque gerado nas turbinas eólicas, a maioria dos alunos afirmaram que quanto maior o torque, maior a capacidade de girar o gerador. Esse resultado pode ser interpretado à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel, segundo a qual a aprendizagem ocorre quando novas informações se ancoram em conhecimentos prévios relevantes, denominados subsunções. No presente estudo, a utilização do modelo de turbina permitiu que os estudantes relacionassem o conceito de torque a situações concretas, favorecendo essa ancoragem cognitiva.

Na questão 04, a turma do curso de Alimentos demonstrou maior dificuldade inicial quanto ao entendimento da eficiência de uma turbina eólica, porém apresentou melhora significativa após a intervenção pedagógica. Já a turma de Informática evidenciou um conhecimento prévio considerável sobre o tema, o qual também foi aprimorado ao final da aula, indicando a eficácia da estratégia didática adotada, conforme defendem metodologias de ensino que priorizam a contextualização e a prática pedagógica ativa (GIL, 2008).

Figura 07 — Respostas das Questões 05 e 06 das turmas de (ALM 1) e (INF2)



Fonte: Elaborada pela autora (2026).

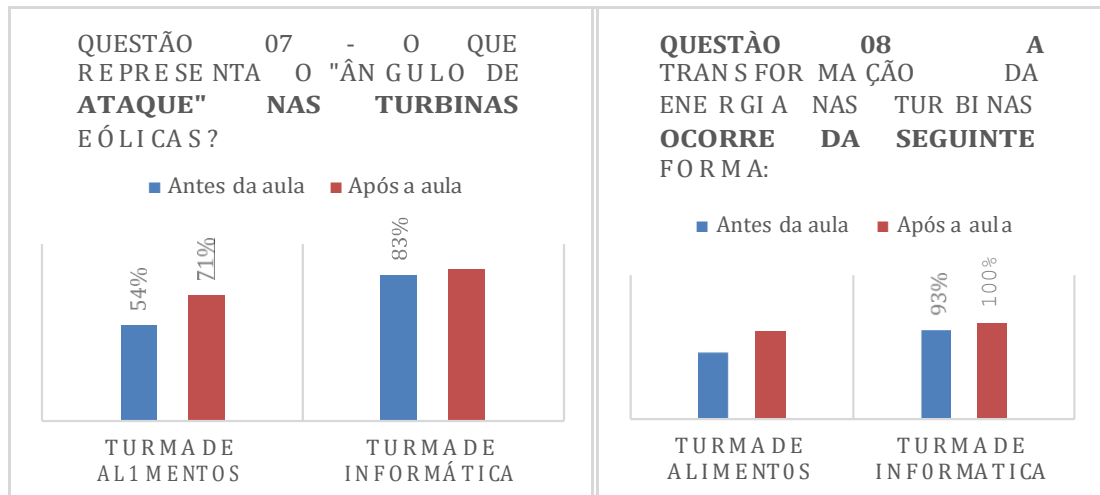


Fonte: Elaborada pela autora (2026).

Na Questão 05, observa-se que, antes da aula, as turmas de Alimentos e Informática apresentaram percentuais muito próximos, com diferença de apenas 1%, evidenciando dificuldade semelhante em relação à função do sistema de polias utilizado nas turbinas construídas. Após a aula, verificou-se aumento significativo no número de acertos em ambas as turmas. Destaca-se que a turma de Informática apresentou desempenho 20% superior ao da turma de Alimentos após a intervenção pedagógica, demonstrando maior assimilação do conteúdo abordado.

Na Questão 06, constatou-se que os estudantes já possuíam conhecimento prévio sobre a temática das pás mais largas. Entretanto, após a aula, houve melhora nos índices de acertos, indicando ampliação da compreensão acerca dos conceitos relacionados às turbinas eólicas e à aerodinâmica. Os resultados evidenciam que a explicação teórica contribuiu significativamente para o aprimoramento do entendimento dos alunos.

Figura 08— Respostas das Questões 07 e 08 das turmas de (ALM 1) e (INF2)



Fonte: Elaborada pela autora (2026).

Fonte: Elaborada pela autora (2026).

Com base nos dados apresentados no gráfico, observa-se que, na questão 07, a turma de Informática possuía conhecimento prévio limitado acerca do ângulo de ataque em turbinas eólicas, antes da realização da aula. Após a intervenção pedagógica, constatou-se que o aumento no percentual de acertos foi expressivo, com variação de apenas 3% entre os resultados anteriores e posteriores à aula. Esse resultado indica que o conceito de ângulo de ataque apresenta maior complexidade conceitual, exigindo estratégias didáticas mais aprofundadas para sua plena compreensão, conforme apontam estudos sobre o ensino de conceitos abstratos na Física (Moreira; Masini, 2001).

Na questão 08, verificou-se que ambas as turmas apresentavam um nível de conhecimento considerado razoável sobre as transformações de energia nas turbinas eólicas. Após a aula, observou-se uma diferença de 9% entre os resultados da turma de Alimentos e da turma de Informática, sendo esta última a que apresentou maior percentual de acertos. Tal resultado evidencia que a contextualização dos conteúdos e a relação entre teoria e aplicação prática favorecem a aprendizagem significativa, especialmente em temas relacionados à energia e seus processos de conversão (Ausubel, 2003; GIL, 2008).

Com base nos dados apresentados nos gráficos acima, podemos observar que uma certa quantidade dos discentes sabiam do que se tratava as turbinas eólicas e aerodinâmica com relação as questões do questionário que foi aplicado em sala.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo desenvolver e aplicar uma proposta didática baseada na construção de cata-ventos com materiais recicláveis, visando à compreensão de conceitos relacionados à aerodinâmica e à energia eólica. A análise dos dados obtidos por meio do questionário aplicado antes e após a intervenção pedagógica permitiu identificar os conhecimentos prévios dos discentes e avaliar os impactos da metodologia adotada no processo de aprendizagem.

Os resultados indicaram que os estudantes apresentavam noções iniciais sobre o funcionamento das turbinas eólicas e sobre as transformações de energia. Entretanto, observou-se que determinados conceitos, como o ângulo de ataque, demandam estratégias didáticas mais aprofundadas para sua plena compreensão, evidenciado pela variação pouco expressiva no percentual de acertos após a intervenção.

A construção dos dispositivos didáticos, associada à abordagem experimental, mostrou-se uma estratégia eficaz para promover maior interesse, participação e envolvimento dos alunos, favorecendo a aprendizagem significativa dos conteúdos trabalhados. Além disso, a utilização de materiais de baixo custo e reaproveitáveis contribuiu para o desenvolvimento da criatividade, da consciência ambiental e do trabalho colaborativo entre os estudantes.

Dessa forma, conclui-se que a adoção de metodologias ativas, aliadas à experimentação e ao uso de recursos sustentáveis, constitui uma alternativa viável e relevante para o ensino de Física, podendo ser aplicada em diferentes contextos educacionais. Espera-se que este estudo possa contribuir como referência para futuras práticas pedagógicas voltadas ao ensino de conceitos científicos de maneira contextualizada e significativa.

REFERÊNCIAS

ALDABÓ, Ricardo. **Energia Eólica**. São Paulo: ArtLiber Editora, 2002.

ALVES, Jose Jakson Amancio. **Estimativa da Potência, Perspectiva e Sustentabilidade da Energia Eólica no Estado do Ceará**. Campina Grande. Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Pos-Graduação em Recursos Naturais. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) 163p, 2006.

AUSUBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.

BUENO, José de França. **Métodos quantitativos, qualitativos e mistos de pesquisa**. Brasília, DF: CAPES: UAB; Rio de Janeiro, RJ: Departamento de Biblioteconomia, FACC/UFRJ, 2018.192p.:

CARVALHO, P. Geração eólica. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2003. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/handle/11338/742>. Acesso em: 29/07/2025.

DUTRA, R.M. Viabilidade técnico-econômica da energia eólica face ao novo marco regulatório do setor elétrico brasileiro. 2004. 334 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/handle/11338/742>. Acesso em: 29/07/2025.

FADIGAS, Eliane A. Faria Amaral. Energia eólica. Barueri — SP: Manole, 2011. p. 9-10. Disponível em: <https://sou.ucs.br/etc/revistas/index.php/direitoambiental/article/view/3975/2609>

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/handle/11338/742>. Acesso em: 29/07/2025.

GIL, Antônio Carlos. **Didática do ensino superior**. São Paulo: Atlas, 2008.

HINRICHS, A. Roger; KLEINBACH, Merlin. Energia e meio ambiente. Trad. De Flávio Maron Vichi e Leonardo Freire Mello. 3. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. Disponível em: <https://sou.ucs.br/etc/revistas/index.php/direitoambiental/article/view/3975/2609>

LJUNGSTRÖM, Filip; OTTOSSON, Martin; SAEED, Mohammed. Aerodynamic improvement of Chalmers' Shell Eco-marathon car Smarter. 2016. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Applied Mechanics, Department Of Applied Mechanics, Chalmers University Of Technology, Gothenburg, 2016. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/161522485.pdf> (Tradução nossa).

LOPEZ, R. A. Energia Eólica. 2ª ed. Artliber: São Paulo, 2012. Disponível em: <https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/39407/1/ANDR%C3%89%20LUIZ.pdf>

MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie F. Salzano. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro, 2001.

PICOLO, Ana Paula; BÜHLER, Alexandre J.; RAMPINELLI, Giuliano Arns. Uma **abordagem sobre a energia eólica como alternativa de ensino de tópicos de física clássica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 4, 4306 (2014).

RODRIGUES, Marcus Vinícius Sousa; AQUINO, Marisete Dantas de; THOMAZ, Antônio Clécio Fontelles. **Análise da eficiência na produção de energia eólica nos principais estados brasileiros produtores, por meio da aplicação de**

análise **por envoltória de dados**. Rev. Tecnol. Fortaleza, v. 36, n. 1 e 2, p. 18-33, dez. 2015.

SAMPAIO, Ícaro Marcolin. **Aerodinâmica**: o desenvolvimento de dispositivos hiper sustentadores e seus benefícios à segurança operacional . UNISUL, Palhoça - SC, 2019.

SOUZA, Luiz Guilherme Meira de et al. **Catavento tipo americano de baixo custo fabricado com garrafas pets**. VII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, São Luis — MA, 2012.

TERCIOTE, R. A energia eólica e o meio ambiente. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA NO MEIO RURAL. 2002, Campinas. Anais Agreener 2002... Campinas: Unicamp, 2002. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/handle/11338/742>. Acesso em: 29/07/2025.

VICENTE, António. Aerodinâmica básica. Ministério da Defesa Nacional Força Aérea Portuguesa Centro de Formação Militar e Técnica - Curso de Formação de Praças — RC, 2008.

WHITE, Frank M. Fluid Mechanics. 7. ed. New York: Mcgraw-hill, 2011. 862 p. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/161522485.pdf>

ANEXO I - APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO NAS TURMAS ROTEIRO DO QUESTIONARIO:

Questionário: Turbinas Eólicas e Aerodinâmica

1. O que acontece quando o vento atinge as pás de uma turbina eólica?

- A) A turbina se desloca para frente.
- B) O vento é armazenado em uma bateria.
- C) As pás giram, movimentando um eixo conectado a um gerador.
- D) A turbina emite energia térmica.

2. O formato das pás das turbinas é inspirado em qual estrutura aerodinâmica?

- A) Hélice de submarino.
- B) Asas de avião.
- C) Hélices de ventilador comum.
- D) Lâminas de liquidificador.

3. Em relação ao torque gerado nas turbinas eólicas, podemos afirmar que:

- A) Quanto menor o torque, maior a geração de energia.
- B) O torque é responsável por impedir o giro das pás.
- C) O torque não interfere na produção de energia.
- D) Quanto maior o torque, maior a capacidade de girar o gerador.

4. Qual dos fatores abaixo não influencia na eficiência de uma turbina eólica?

- A) Altura da torre.
- B) Cor das pás.
- C) Velocidade do vento.
- D) Formato das pás.

5. Qual é a função do sistema de polias utilizado nas turbinas construídas?

- A) Estabilizar a estrutura da turbina.
- B) Reduzir a velocidade do gerador.
- C) Multiplicar a rotação do gerador elétrico.
- D) Substituir o rotor das pás.

6. Pás mais largas tendem a:

- A) Captar menos vento, mas girar mais rápido.
- B) Captar mais vento, mas oferecer maior resistência.
- C) Ser mais eficientes em todas as situações.
- D) Reduzir o torque da turbina.

7. O que representa o 'ângulo de ataque' nas turbinas eólicas?

- A) A inclinação do gerador.
- B) O número de pás por turbina.
- C) A curvatura da torre.
- D) A inclinação das pás em relação ao vento.

8. A transformação da energia nas turbinas ocorre da seguinte forma:

- A) Energia elétrica → energia cinética → calor
- B) Energia térmica → energia solar → energia elétrica
- C) Energia cinética do vento → energia mecânica → energia elétrica

ANEXO II - APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO NAS TURMAS



ANEXO III – EXPOSIÇÃO DOS CATA-VENTOS



ANEXO IV - AULA SOBRE AERODINÂMICA E ENERGIA EÓLICA



