



INTEGRAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA ATRAVÉS DE PROJETOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E SUSTENTABILIDADE

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5358

Autores: JOÃO VITOR VASCONCELOS ZARDINI, RAFAEL MICHALSKY CAMPINHOS, LEANDRO MAROCHIO FERNANDES

Resumo: Este artigo destaca a integração da energia eólica no ensino de engenharia por meio de projetos de iniciação científica e de sustentabilidade. Os projetos "Ventos do Conhecimento" e "Engenharia do Vento", desenvolvidos no IFES campus Cachoeiro de Itapemirim, são apresentados como estudos de caso combinando metodologias STEAM com construção e otimização de turbinas eólicas verticais. Estas iniciativas proporcionam uma formação prática e teórica robusta, desenvolvendo competências críticas e promovendo a consciência ambiental. O impacto educacional e os benefícios da incorporação da energia eólica nos currículos de engenharia são discutidos, enfatizando a importância da transição energética para um futuro sustentável.

Palavras-chave: Energia eólica, Educação em engenharia, Iniciação científica, Sustentabilidade, Transição energética

INTEGRAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA ATRAVÉS DE PROJETOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E SUSTENTABILIDADE

1 INTRODUÇÃO

A transição energética é um tema crucial no cenário atual, onde a sustentabilidade e a busca por fontes renováveis se tornam cada vez mais necessárias. Embora a hidrelétrica seja a mais utilizada, sua construção pode ser economicamente inviável e causar danos ambientais significativos, deslocando populações e contribuindo para as mudanças climáticas (MCGRATH, 2018). Entre as diversas fontes renováveis, a energia eólica se destaca por suas vantagens.

Os engenheiros desempenham um papel fundamental no desenvolvimento de tecnologias para energias renováveis. Portanto, a educação em engenharia deve preparar profissionais aptos a enfrentar os desafios da transição energética, promovendo inovação e desenvolvimento sustentável. No entanto, os currículos atuais carecem de disciplinas que abordam adequadamente esses temas.

Exemplos de universidades que já implementaram cursos ou disciplinas focadas em energia eólica incluem a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e a Universidade Federal do Ceará (UFC). Essas instituições oferecem programas que cobrem desde os princípios básicos até a aplicação prática da energia eólica em projetos de engenharia.

Este trabalho explora a integração da energia eólica no currículo de engenharia, destacando implicações, desafios e oportunidades, com foco em projetos de iniciação científica como "Ventos do conhecimento" e "Engenharia do vento". Esses projetos, desenvolvidos no IFES campus Cachoeiro de Itapemirim, exemplificam como a educação pode ser adaptada para incluir práticas sustentáveis e preparar futuros engenheiros para a transição energética.

2 TRANSIÇÃO ENERGÉTICA MUNDIAL

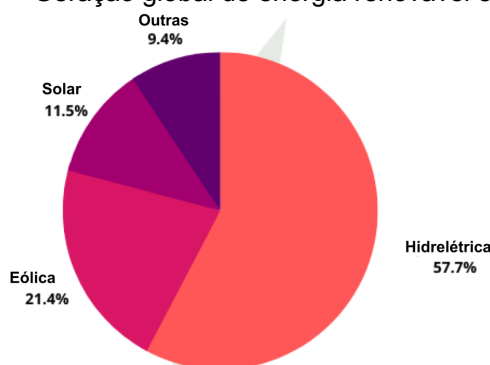
O setor de transportes, ainda dominado por combustíveis fósseis, contribui significativamente para o aumento da temperatura global, que já subiu 1°C. Mesmo carros elétricos dependem indiretamente de combustíveis fósseis, pois a geração de energia elétrica se dá majoritariamente por termelétricas. Apesar dos esforços, as medidas tomadas até agora não são suficientes para reverter esse cenário (BOEHM et al., 2022). Um exemplo claro do impacto das mudanças climáticas são as inundações no Rio Grande do Sul, que ocorreram no início de Abril de 2024, causando um impacto devastador no estado. Com mais de 2,3 milhões de pessoas afetadas, o estado passou por danos severos à rede elétrica, deixando muitos sem energia, resultando num custo econômico estimado em bilhões de reais (GAMA, 2024).

Diante dessa ameaça, um esforço global busca reduzir drasticamente e, num futuro próximo, eliminar as emissões de CO₂. Diversos países já estão se movimentando para tentar solucionar ou ao menos reduzir tais problemas através de tarifas sobre as emissões de carbono, investimentos em projetos de energias sustentáveis, entre outros. Alguns desses esforços nasceram no Acordo de Paris, onde os países acordaram investir 100 bilhões de dólares todos os anos até 2020 (UNDP, 2023; KORCHUNOV; BEYER, 2024).

No Brasil, já existem esforços para financiar a infraestrutura de adaptação às mudanças climáticas. O governo planeja emitir R\$ 14,9 bilhões em títulos para financiar obras de prevenção de desastres em áreas urbanas (MOLITERNO, 2024). Além disso, programas como o “Combustível do Futuro” visam reduzir e controlar as emissões de CO₂ dos combustíveis fósseis (CNPE, 2021).

A busca por combustíveis alternativos à atual matriz energética é intensa, com destaque para as energias solar e eólica. Em 2020, por exemplo, a geração de energia renovável foi majoritariamente composta por essas fontes, somadas à energia hidrelétrica (Figura 1).

Figura 1 – Geração global de energia renovável em 2020.

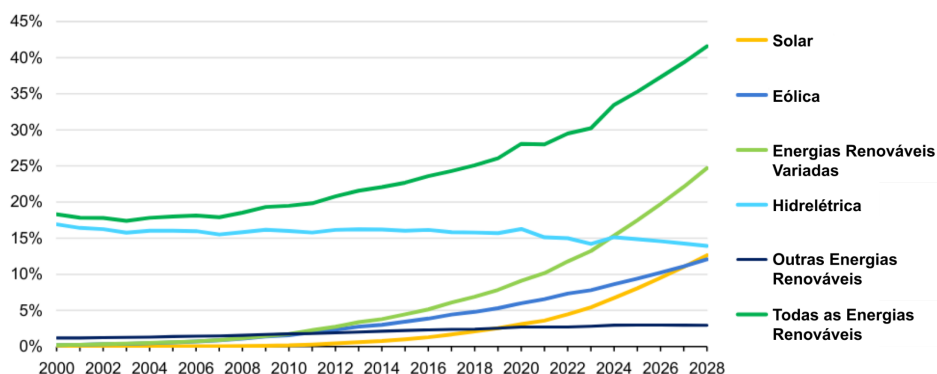


Fonte: Traduzido de RUIZ (2022).

A energia eólica, em particular, vem crescendo de forma significativa, com um aumento de 14% na produção em 2022, o maior entre as energias sustentáveis, demonstrando a democratização da tecnologia. Isso permite que diversos países, incluindo o Brasil, implementem essa forma de energia. Investimentos na área cresceram 20%, reforçando a influência cada vez mais forte da energia eólica na matriz energética mundial (IEA, 2023).

Essa energia em conjunto com a solar vem crescendo ao longo dos anos, representando 95% do crescimento dentre todas as energias renováveis. De acordo com a figura 2, as previsões apontam um cenário promissor, a energia eólica em conjunto com a solar serão responsáveis por uma geração energética mundial acima de 20%, com tendência a continuarem aumentando. O que torna cada vez mais claro a importância de lidar com tais tecnologias (IEA, 2024).

Figura 2 – Geração de eletricidade global ao longo dos anos 2000 a 2088.



Fonte: Traduzido de IEA (2024).

A energia eólica captura a força dos ventos através de hélices giratórias conectadas a um gerador, convertendo o movimento do ar em energia elétrica. Essa tecnologia evita os desafios das fontes tradicionais como combustíveis fósseis e até mesmo a energia solar em terra firme. O sistema eólico pode ser instalado em alto mar, onde os ventos são mais fortes e constantes, ao contrário das placas solares que exigem áreas extensas e adequadas. Essa versatilidade e alta eficiência tornam a energia eólica uma fonte de energia renovável promissora para um futuro mais sustentável (BURTON et al., 2011).

Existem basicamente duas formas de se construir uma turbina eólica (LOPES, 2012):

- **Turbina eólica horizontal:**
 - **Eixo de rotação horizontal:** Modelo mais comum em parques eólicos.
 - **Maior geração de energia:** Ideal para locais com ventos fortes e constantes.
 - **Estrutura robusta:** Suporta ventos mais intensos.
- **Turbina eólica vertical:**
 - **Eixo de rotação vertical:** Ocupa menos espaço e se adapta a terrenos irregulares.
 - **Eficiência em baixas velocidades:** Ideal para locais com ventos fracos ou variáveis.
 - **Menor impacto ambiental:** Discreta e segura aos animais aéreos.

A turbina eólica horizontal possui primazia na geração de energia elétrica sobre a turbina eólica vertical, respondendo pela maior parte da geração eólica. Sua alta capacidade de geração a torna ideal para grandes parques eólicos em locais com ventos fortes e constantes. No entanto, essa tecnologia exige extensas áreas para instalação, dificultando sua implementação perto de centros urbanos. Além disso, a rotação das pás pode representar um risco para aves e outros animais voadores, exigindo medidas para minimizar o impacto ambiental.

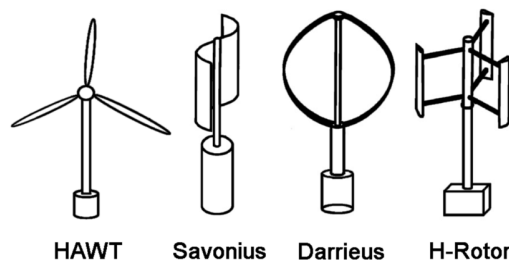
Nesse contexto, surge a turbina eólica vertical, que se destaca pela sua versatilidade e capacidade de se adaptar a diversos ambientes. Sua estrutura compacta permite a instalação em locais com espaço limitado, como telhados de edifícios, gerando energia renovável mesmo em áreas urbanas. Apesar de operar em baixas velocidades, a turbina vertical pode complementar a demanda energética de uma região, reduzindo a dependência de fontes tradicionais de energia. Sua aplicação se estende também a beiras de estradas e rodovias, onde o movimento do ar gerado pelos veículos impulsiona as turbinas, gerando energia limpa e sustentável (KHAMMAS et al., 2015).

Dentro da classe de turbinas eólicas verticais, existem diversos tipos, conforme a Figura 3, cada uma com objetivos, vantagens e desvantagens. As principais são: (WHITTLESEY, 2017):

- **Savonius:** As turbinas eólicas Savonius operam pelo arrasto e se destacam pela simplicidade e robustez, tornando-as ideais para aplicações off-grid que priorizam a confiabilidade. Apesar da baixa eficiência, são opções confiáveis e versáteis, frequentemente utilizadas em sistemas de bombeamento de água e geração de energia em pequenas residências.
- **Darrieus:** As turbinas eólicas Darrieus se distinguem por um design inovador e alta eficiência, operando pelo princípio da sustentação. O modelo original apresenta lâminas curvas em forma de aerofólio, com as pontas fixadas em um eixo rotativo.

- **H-Rotor:** As turbinas eólicas Darrieus de rotor H, ou Giromills, se destacam por sua versatilidade e eficiência na geração de energia eólica. Seu design com pás retas em forma de H oferece diversas vantagens, tais como um alto torque de partida, ideal para locais com ventos fracos ou variáveis, uma geração de energia uniforme, mesmo com grande variação na velocidade do vento, alto desempenho em diversas velocidades, além das opções de pás: em lâminas retas (simples e econômicas), em V ou curvas (mais eficientes, porém mais caras).

Figura 3 – Exemplos de tipos de turbina eólicas verticais.



Fonte: MEHRPOOYA (2014).

Existem ainda diversas variações das turbinas anteriores, cada uma com seu respectivo foco e aplicação, que surgem de acordo com o avanço tecnológico e das teorias físicas por trás da aerodinâmica.

3 ENERGIA EÓLICA NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

A transição energética (ou transformação do sistema energético) envolve uma mudança estrutural significativa no fornecimento e consumo de energia. Atualmente, essa transição busca limitar as alterações climáticas através do aumento do uso de energias sustentáveis (DAVIDSSON, 2015).

3.1 Histórico da transição energética

Ao longo da história, a humanidade passou por diversas transições energéticas, desde a força bruta até a queima de combustíveis fósseis como carvão e petróleo. Essa trajetória demonstra como a forma de controlar e consumir energia é um indicador fundamental da evolução de comunidades e regiões (BRASIL, 2023).

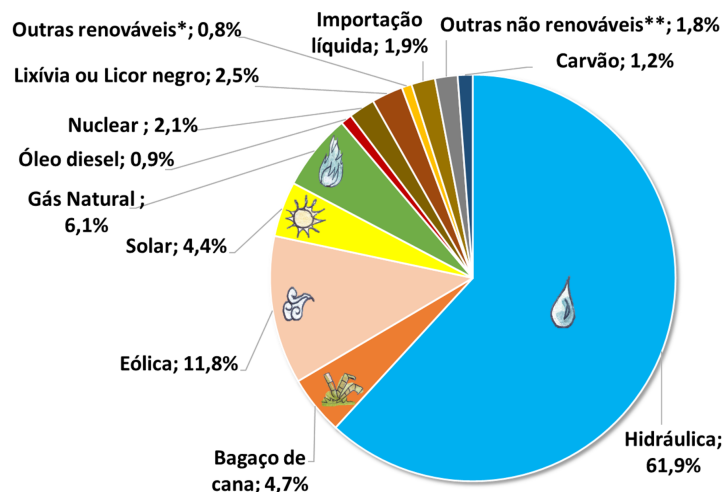
A futura matriz energética não se baseia em uma única forma de energia, mas na melhor combinação possível entre elas. Com isso em mente, os engenheiros desempenham um papel crucial nesse processo, necessitando de uma formação que aborde tanto os aspectos técnicos quanto os sociais da transição.

Eles são responsáveis por projetar, implementar e manter sistemas de energia que sejam eficientes, sustentáveis e economicamente viáveis. Isso inclui o desenvolvimento de novas tecnologias, a otimização de processos existentes e a integração de sistemas renováveis na matriz energética. A formação desses profissionais deve, portanto, incluir uma compreensão aprofundada das tecnologias renováveis e suas aplicações práticas. No entanto, a implementação eficaz dessa transição na educação enfrenta desafios, como a atualização curricular e a necessidade de metodologias de ensino inovadoras.

3.2 Importância da energia eólica no currículo de engenharia

A energia eólica é a segunda maior fonte de energia renovável no Brasil (vide Figura 4), contribuindo significativamente para a matriz elétrica nacional (EPE, 2023).

Figura 4 – Matriz elétrica brasileira atual.



Fonte: EPE (2023).

A incorporação da temática energia de base eólica, é de suma importância para o nosso país, dado que seu uso não só é uma realidade, como ela é a maior em termos de sustentabilidade. Contudo, ainda pouco explorada no território nacional.

Para mudar essa realidade é preciso, integrar a energia eólica no currículo de engenharia envolvendo a criação de disciplinas específicas, projetos práticos e parcerias com a indústria. Programas de ensino como laboratórios de energia renovável e estudos de caso reais são essenciais para proporcionar aos alunos uma compreensão completa (prática e teórica).

3.3 Exemplos de programas e disciplinas

Universidades ao redor do mundo têm desenvolvido programas específicos de engenharia focados em energias renováveis. A Agência Internacional de Energia Renovável, IRENA, com o apoio do governo dos Estados Unidos, criou a rede ETEN, cujo objetivo é promover a educação para a transição energética. A rede fornece aos educadores ferramentas e recursos para integrar energia renovável em seu ensino e empoderar os jovens, criando uma sociedade mais informada (IRENA, 2022).

No Brasil, através do programa do Governo Federal Procel, diversas metodologias estão sendo desenvolvidas para promover o uso eficiente da energia elétrica e combater seu desperdício (BRASIL, [s.d.]). A metodologia Zupt é utilizada na educação infantil, enquanto no ensino fundamental e médio, a metodologia "Energia que Transforma" é empregada. Na área profissional, o programa EnergIFE visa impulsionar a formação tecnológica em energias renováveis e eficiência energética (BRASIL, 2024).

As metodologias propostas, são resultados de um diálogo com educadores de todo o país, propondo uma jornada de aprendizagem flexível e personalizada. Cada educador, assumindo o papel de mentor, seleciona as experiências mais adequadas para seus alunos, maximizando o impacto positivo no processo de ensino-aprendizagem.

Algumas universidades já incluíram disciplinas sobre energia eólica em seus cursos de graduação e mestrado, como a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), o

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e a Universidade Federal do Ceará (UFC), esta última com graduação em Engenharia de Energias Renováveis. O ITA, por exemplo, planeja oferecer cursos de graduação e pós-graduação focados em pesquisa e inovação na área de energia, contribuindo para o desenvolvimento da região e do país (FRAGA, 2023). A UNICAMP dispõe de um Laboratório de Eletrônica de Potência (LEPO), com grupos de pesquisa com ênfase na área de energia eólica (UNICAMP, [s.d.]).

Apesar de já haver movimentos atrelados a esse processo de integração, esse trâmite ainda é novo, de forma que muitas universidades carecem do tema em suas grades curriculares. Outro ponto importante, é que a implementação de tais temas nas universidades resulta de uma operação demorada, tornando esse conhecimento restritivo a polos específicos do país, principalmente as grandes cidades. Assim, uma “solução”, visando otimizar esse processo, é através de atividades extracurriculares, como iniciações científicas e projetos de extensão. Outro mecanismo interessante, consiste em metodologias inovadoras, que conectam as disciplinas correlatas ao tema, desafiando os alunos a se tornarem cada vez mais aptos a lidar com esses novos conceitos que surgem da energia eólica. Tais metodologias podem ser implementadas em qualquer instância, nos ensinamentos fundamental, médio, técnico, tecnológico, superior e em atividades fora de sala.

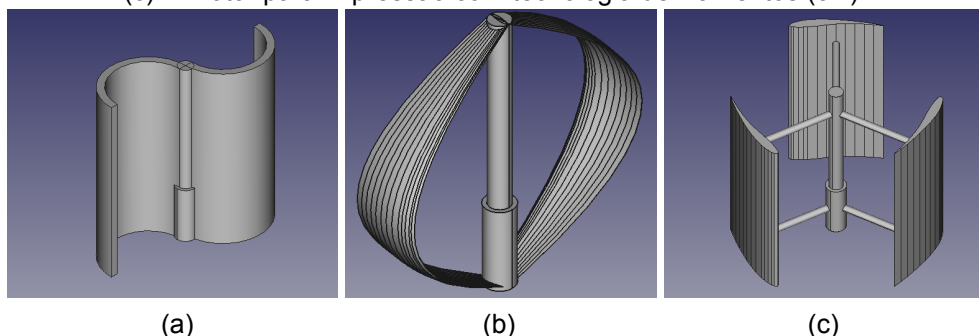
3.4 Metodologias de ensino inovadoras

Metodologias como a aprendizagem baseada em projetos (APB) e a utilização de simulações computacionais permitem que os alunos desenvolvam habilidades práticas e analíticas. A integração de ferramentas de software para a simulação de parques eólicos e a análise de dados reais fortalece a formação dos futuros engenheiros (PRADO; FERNANDES; RODRIGUES, 2024).

A metodologia STEM tem se mostrado eficaz em diversos contextos educacionais, aumentando a criatividade, o engajamento e a aprendizagem interdisciplinar dos alunos. Estudos comprovam que projetos práticos como este podem melhorar a percepção dos alunos sobre as disciplinas de ciências, além de aumentar o conhecimento e a criatividade (JEONG et al., 2019). A metodologia baseada em problemas facilita a compreensão de conteúdos complexos através de situações práticas, desenvolvendo habilidades críticas e analíticas (PRADO; FERNANDES; RODRIGUES, 2024).

Na busca por divulgação e desenvolvimento científico o IFES campus Cachoeiro de Itapemirim, conta com a Jornada Acadêmica de Ciência, Tecnologia e Cultura (JACITEC), que no ano de 2023, em sua XII edição de tema “Ciências básicas para o desenvolvimento sustentável”, os alunos desenvolveram diversos projetos com as metodologias descritas acima. Um destes projetos protagonizados por estudantes do ensino médio técnico do curso eletromecânica do Campus, consistiu na apresentação das turbinas eólicas verticais impressas em impressora 3D, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Protótipo virtual (CAD) produzido das turbinas: (a) Savonius, (b) Darrieus e (c) H-Rotor para impressão com tecnologia de filamentos (3D).



Fonte: Autor.

O projeto mostrou grande potencial, chamando atenção de outros alunos, rendendo spin-offs de pesquisas em curso no presente momento.

4 PROJETOS EM DESENVOLVIMENTO

O IFES campus Cachoeiro de Itapemirim desenvolve diversos projetos ligados à temática de energia sustentável, com destaque para o projeto "Ventos do Conhecimento". Esta iniciativa visa introduzir a discussão sobre transição energética e energias sustentáveis aos alunos do ensino fundamental de uma escola municipal localizada em uma área de vulnerabilidade, proporcionando uma formação baseada na metodologia STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) e preparando-os desde cedo para lidar com esses conceitos modernos.

No nível médio técnico, o projeto "Engenharia do Vento" realiza uma análise abrangente sobre a melhor configuração de turbinas eólicas verticais, investigando três modelos diferentes em função das condições de operação. Este projeto promove uma compreensão prática e teórica profunda, desenvolvendo habilidades críticas e técnicas entre os alunos.

Para os alunos de graduação, o foco está no estudo e otimização dos perfis aerodinâmicos das turbinas tipo H-Rotor, visando maior eficiência aerodinâmica e melhores condições de operação, como ativação em velocidades de vento mais baixas e maior potência gerada para as mesmas condições de vento.

4.1 Ventos do conhecimento: Educação, inovação e energia limpa movimentando o desenvolvimento sustentável

Neste projeto, os alunos do ensino fundamental da escola parceira (ICJr) são introduzidos ao tema da transição energética e energias sustentáveis por um monitor de Iniciação Científica e Tecnológica (ICT) do curso de Engenharia Mecânica do Campus. Utilizando a metodologia STEAM, o projeto busca proporcionar uma formação prática e teórica robusta.

Inicialmente, os alunos participam de oficinas que abordam conceitos fundamentais sobre formas de energia limpa, incluindo energia eólica, solar e hidrogênio verde (vide Figura 6). Essa fase teórica é complementada pela aplicação do método científico, incentivando a pesquisa e a experimentação.

Figura 6 – Bolsistas de iniciação científica (ICJr) do projeto revisando conceitos básicos sobre eletricidade residencial (à direita) e trabalhando em seus próprios circuitos (à esquerda).



Fonte: Autor.

Posteriormente, os alunos são desafiados a desenvolver três tipos de turbinas eólicas verticais (Savonius, Darrieus e H-Rotor) utilizando materiais recicláveis, como MDF e garrafas PET, promovendo a sustentabilidade e o reaproveitamento de materiais, seguindo a política dos 5R's (repensar, recusar, reduzir, reutilizar e reciclar).

O projeto destaca-se por integrar o uso de tecnologia avançada, como a impressão 3D, para a fabricação de componentes complexos das turbinas, e a utilização de uma máquina CNC de corte a laser para a modelagem precisa dos materiais. A metodologia STEAM é implementada em todas as etapas, permitindo que os alunos apliquem conceitos interdisciplinares de forma prática. Ao final do processo, os alunos projetam, constroem e testam os protótipos das turbinas, avaliando a eficiência energética e a geração de energia.

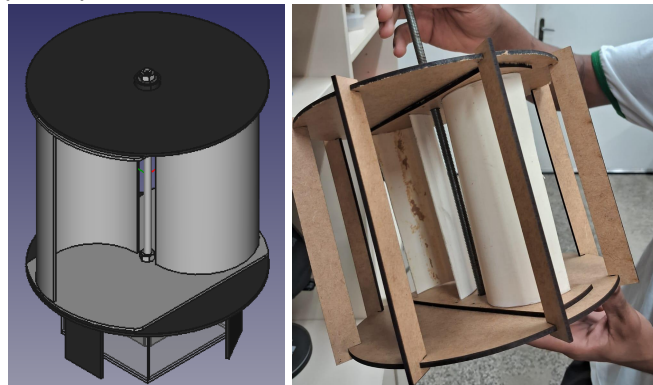
Os resultados esperados incluem não apenas a produção de energia através de turbinas sustentáveis, mas também o fortalecimento do protagonismo estudantil, a disseminação de práticas sustentáveis e a promoção de uma cultura científica entre os alunos. Além disso, o projeto visa economizar recursos substituindo a aquisição de kits caros por projetos autônomos e sustentáveis.

O impacto do projeto é significativo tanto para os bolsistas de ICJr quanto para a sociedade em geral. Os alunos desenvolvem habilidades críticas, ganham experiência prática em engenharia e ciência, e se tornam embaixadores do conhecimento científico em suas comunidades. A popularização do conhecimento científico é reforçada através da participação ativa dos alunos em atividades que conectam teoria e prática, promovendo uma educação inclusiva e inovadora.

4.2 Engenharia do vento: o uso da educação STEAM para impulsionar o aprendizado interdisciplinar

Este projeto visa melhorar o ensino técnico ao integrar uma APB no currículo de ciências exatas. Destinado a alunos do ensino médio técnico, este projeto adota a metodologia STEM para fomentar a criatividade e a interdisciplinaridade, aprofundar o tripé teoria, simulação e experimentação, proporcionando uma formação prática e aprofundada. Os alunos, assistidos por um graduando em Eng. Mecânica, são protagonistas na construção e teste diferentes tipos de turbinas eólicas verticais (Figura 7). Cada modelo é escolhido para explorar diferentes princípios aerodinâmicos e eficiência energética, utilizando tecnologias emergentes como a impressão 3D e o CAD.

Figura 7 – Turbina Savonius em fase de desenvolvimento e produção. À esquerda o protótipo virtual projetado e à direita o protótipo em escala sendo montado no laboratório Maker.



Fonte: Autor.

O processo começa com o design e planejamento das turbinas, onde os alunos utilizam software CAD para criar modelos detalhados. Em seguida, eles fabricam os componentes com materiais ecologicamente corretos e montam as turbinas, aprendendo técnicas mecânicas essenciais para a construção de dispositivos funcionais. A etapa de testes experimentais é realizada em um túnel de vento, permitindo que os alunos coletem dados sobre desempenho, como velocidade do vento, torque e potência gerada. Essa análise prática ajuda a identificar áreas de melhoria e otimizar os designs, reforçando a aplicação do método científico.

O ineditismo do projeto "Engenharia do Vento" reside na sua abordagem integrada e prática da educação técnica, utilizando turbinas eólicas verticais como ferramentas didáticas. Além de melhorar a compreensão técnica dos alunos, o projeto desenvolve habilidades críticas como pensamento analítico e inovação. Ao combinar teoria com prática em um contexto real, o projeto prepara os alunos para futuras carreiras em engenharia e tecnologia, enquanto promove a conscientização ambiental. O projeto é inovador ao proporcionar uma experiência educacional que vai além da sala de aula tradicional, envolvendo os alunos em todas as etapas do desenvolvimento das turbinas, desde o design até a análise de desempenho.

Espera-se que o projeto contribua significativamente para a formação técnica dos alunos, proporcionando uma compreensão prática dos princípios de engenharia e energia renovável. Além disso, ele deve aumentar a consciência sobre sustentabilidade e eficiência energética, educando os alunos sobre a importância das energias renováveis no combate às mudanças climáticas. O impacto educacional é amplificado pela possibilidade da apresentação dos resultados em conferências acadêmicas, demonstrando a viabilidade e os benefícios da educação STEAM. Desta forma, se estabelece um possível e viável novo padrão para o ensino técnico, integrando conhecimentos teóricos e práticos de maneira inovadora e sustentável, e preparando uma nova geração de engenheiros capacitados para liderar a transição energética.

4.3 Perspectivas futuras

Os projetos futuros no IFES campus Cachoeiro de Itapemirim incluem o desenvolvimento e otimização de turbinas eólicas verticais, com um foco especial em turbinas do tipo H-Rotor. Alunos da graduação em Engenharia Mecânica estão explorando novas metodologias e tecnologias para aprimorar a eficiência aerodinâmica das turbinas.

A otimização dos perfis aerodinâmicos das palhetas visa alcançar maior eficiência energética, permitindo que as turbinas operem em velocidades de vento mais baixas e gerem mais potência sob as mesmas condições de vento.

A continuidade desses projetos não apenas fortalece a formação técnica dos alunos, mas também contribui para a pesquisa e desenvolvimento no campo das energias renováveis. As iniciativas incluem o uso de softwares avançados de simulação e modelagem, bem como a aplicação de técnicas de fabricação digital para a construção de protótipos. Esses esforços são complementados por testes experimentais rigorosos em túneis de vento e outras instalações laboratoriais disponíveis no campus.

Além de desenvolver habilidades práticas e teóricas, os projetos futuros têm um impacto significativo na conscientização ambiental e na promoção da sustentabilidade. Ao integrar a educação em energias renováveis no currículo de engenharia, o IFES Campus Cachoeiro de Itapemirim visa contribuir para a formação de profissionais capacitados a enfrentar os desafios da transição energética global. Os alunos não só ganham conhecimento técnico, mas também se tornam embaixadores de práticas sustentáveis em suas comunidades.

Adicionalmente, esses projetos têm apresentado potencial para gerar publicações acadêmicas e apresentações em conferências, elevando o perfil acadêmico da instituição e demonstrando a viabilidade e os benefícios da ABP. Através da combinação de teoria e prática, é esperado que os alunos estejam melhor preparados para carreiras em engenharia e tecnologia, enquanto contribuem para o desenvolvimento de soluções inovadoras e sustentáveis para os desafios energéticos do presente e do futuro do nosso arranjo produtivo local.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A urgência da transição energética para um futuro sustentável torna a integração da energia eólica na educação em engenharia essencial para formar profissionais qualificados e capazes de liderar esse processo. Este artigo apresenta um panorama abrangente sobre a relevância desse tema, destacando a necessidade de atualizar currículos, implementar metodologias de ensino inovadoras e desenvolver projetos extracurriculares para proporcionar uma formação prática e teórica robusta.

Investir na formação de engenheiros especializados em energia eólica é uma estratégia crucial para enfrentar os desafios energéticos atuais e futuros. A inclusão de disciplinas específicas, projetos práticos e parcerias com a indústria permite preparar os futuros engenheiros para desenvolverem soluções inovadoras e sustentáveis. Os projetos "Ventos do conhecimento" e "Engenharia do vento" são exemplos práticos de como a educação pode ser adaptada para incluir a energia eólica, proporcionando aos alunos uma compreensão aprofundada e atualizada do emprego da tecnologia.

O projeto "Ventos do conhecimento" introduz conceitos de energia renovável a alunos do ensino fundamental, utilizando metodologias STEAM para desenvolver turbinas eólicas com materiais recicláveis. Já o projeto "Engenharia do vento" oferece aos alunos do ensino médio técnico uma formação mais avançada, envolvendo a construção e otimização de turbinas verticais, como Savonius, Darrieus e H-Rotor, utilizando tecnologias emergentes como impressão 3D e CAD. Ambas as iniciativas não só geram conhecimento fundamental para a formação em engenharia, mas também abrem portas para pesquisas futuras e mitigam as poucas informações aplicadas disponíveis e acessíveis sobre energia eólica.

Os projetos em desenvolvimento no IFES campus Cachoeiro de Itapemirim tentam cumprir parte do papel de preparar profissionais qualificados, servindo de base para trabalhos posteriores e auxiliando na meta de integrar a energia eólica dentro das engenharias. A continuidade desses projetos, com foco na otimização e desenvolvimento de novas tecnologias para turbinas eólicas, reforça o compromisso da instituição com a excelência acadêmica e a promoção de práticas sustentáveis.

A perspectiva futura indica um aumento na demanda por profissionais qualificados na área de energia eólica, tornando a educação em engenharia com foco nessa tecnologia um investimento estratégico para o sucesso individual e coletivo. Assim, este artigo demonstra a viabilidade e os benefícios de integrar a educação em energias renováveis no currículo de engenharia, estabelecendo um possível padrão para o ensino técnico e superior, e preparando uma nova geração de engenheiros capacitados para liderar a transição energética.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) campus Cachoeiro de Itapemirim pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho, aos professores, colegas e alunos dos projetos por suas valiosas contribuições e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- BOEHM, S. et al. State of Climate Action 2022. **World Resources Institute**, out. 2022.
- BRASIL, M. DE M. E E. **Transição energética: a mudança de energia que o planeta precisa**. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/transicao-energetica-a-mudanca-de-energia-que-o-planeta-precisa>. Acesso em: 31 maio. 2024.
- BRASIL, M. DE M. E E. **Projetos promovem o tema da eficiência energética nos diversos níveis de ensino**. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/projetos-promovem-o-tema-da-eficiencia-energetica-nos-diversos-niveis-de-ensino>. Acesso em: 31 maio. 2024.
- BRASIL, M. DE M. E E. **Procel - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica**. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/procel/procel-programa-nacional-de-conservacao-de-energia-eletrica>. Acesso em: 31 maio. 2024.
- BURTON, T. et al. **Wind energy handbook**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2011.
- CNPE. **Combustível do Futuro**. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-bicombustiveis/combustivel-do-futuro/combustivel-do-futuro>. Acesso em: 29 out. 2023.
- DAVIDSSON, S. **Global energy transitions: Renewable energy technology and non-renewable resources**. PhD Thesis—[s.l.] Geotryckeriet, 2015.
- EPE. **MATRIZ ENERGÉTICA**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 2 jun. 2024.
- FRAGA, F. **Unidade do ITA no Ceará desenvolverá estudos sobre energia**. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/educacao/noticia/2023-09/unidade-do-ita-no-ceara-desenvolvera-estudos-sobre-energia>. Acesso em: 2 jun. 2024.
- GAMA, G. **Um mês de enchentes no Rio Grande do Sul: veja situação do estado**. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/um-mes-de-enchentes-no-rio-grande-do-sul-veja-situacao-do-estado/>. Acesso em: 30 maio. 2024.
- IEA. **Wind**. Disponível em: <https://www.iea.org/energy-system/renewables/wind>. Acesso em: 13

out. 2023.

IEA. **Renewables 2023 – Analysis**. Disponível em:

<<https://www.iea.org/reports/renewables-2023>>. Acesso em: 31 maio. 2024.

IRENA. **IRENA's New Network Advances Education on Energy Transition**. Disponível em:

<<https://www.irena.org/News/articles/2022/Nov/IRENAs-New-Network-Advances-Education-on-Energy-Transition>>. Acesso em: 31 maio. 2024.

JEONG, S. et al. STEM Education and the Theft of Futures of Our Youth: Some Questions and Challenges for Educators. Em: [s.l.: s.n.]. p. 285–305.

KHAMMAS, F. A. et al. Overview of Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) is one of the Wind Energy Application. **Applied Mechanics and Materials**, v. 793, p. 388–392, set. 2015.

KORCHUNOV, D.; BEYER, J. **Emerging technologies, innovations, and policy gaps in the green energy transition: Opportunities for the acceleration of NDC implementation in Arab States**. Disponível em:

<<https://climatepromise.undp.org/research-and-reports/emerging-technologies-innovations-and-policy-gaps-green-energy-transition>>. Acesso em: 30 maio. 2024.

LOPES, R. A. **Energia eólica**. São Paulo: Artliber, 2012.

MCGRATH, M. Large hydropower dams “not sustainable” in the developing world. 5 nov. 2018.

MEHRPOOYA, P. **IMPROVEMENT OF VERTICAL-AXIS WIND TURBINE PERFORMANCE VIA TURBINE COUPLING**. [s.l.: s.n.].

MOLITERNO, D. **Governo aposta em fundos internacionais para financiar infraestruturas adaptadas às mudanças climáticas**. Disponível em:

<<https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/governo-aposta-em-fundos-internacionais-para-financiar-infraestruturas-adaptadas-as-mudancas-climaticas/>>. Acesso em: 30 maio. 2024.

PRADO, M.; FERNANDES, L.; RODRIGUES, E. APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS: UMA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA PARA O ENSINO DE MECÂNICA DOS FLUIDOS PROBLEM-BASED LEARNING: TEACHING SEQUENCE FOR FLUID MECHANICS TEACHING. **Recet**, v. 4, p. 159–173, 7 maio 2024.

RUIZ, A. **35 estatísticas, gráficos e dados mais recentes sobre energia solar [2024]**.

Disponível em: <<https://theroundup.org/solar-power-statistics/>>. Acesso em: 31 maio. 2024.

UNDP, C. P. **What is climate finance and why do we need more of it?** Disponível em:

<<https://climatepromise.undp.org/news-and-stories/what-climate-finance-and-why-do-we-need-more-it>>. Acesso em: 30 maio. 2024.

UNICAMP, L. DE E. DE P. **LEPO - Laboratório de Eletrônica de Potência - UNICAMP**.

Disponível em: <<https://www.lepounicamp.com>>. Acesso em: 2 jun. 2024.

WHITTLESEY, R. Vertical Axis Wind Turbines. Em: **Wind Energy Engineering**. [s.l.] Elsevier, 2017. p. 185–202.

INTEGRATION OF WIND ENERGY INTO ENGINEERING EDUCATION THROUGH SCIENTIFIC INITIATION PROJECTS AND SUSTAINABILITY

Abstract: *This article highlights the integration of wind energy into engineering education through scientific initiation and sustainability projects. The "Ventos do Conhecimento" and "Engenharia do Vento" projects, developed at IFES campus Cachoeiro de Itapemirim, are presented as case studies combining STEAM methodologies with the construction and optimization of vertical wind turbines. These initiatives provide a robust practical and theoretical education, developing critical skills and promoting environmental awareness. The educational impact and benefits of incorporating wind energy into engineering curricula are discussed, emphasizing the importance of energy transition for a sustainable future.*

Keywords: *Wind energy, Engineering education, Scientific initiation, Sustainability, Energy transition.*

