



MINITURBINA EÓLICA PARA RESIDÊNCIAS

Ester Cardoso dos Santos, Flavio Henrique Costa da Silva e Isabelli Scalabrim Guareschi

Orientadores: Alex Sandro Tomazini e Marcos Roberto Paglione

E. E. PEI PROFESSOR CELSO PIVA

Guarulhos
Setembro/2023



Resumo

Este projeto teve como objetivo desenvolver uma miniturbina eólica de baixo custo para residências, com o objetivo de promover a geração de energia limpa e renovável em pequena escala. A pesquisa incluiu o estudo dos princípios da energia eólica, a seleção de materiais acessíveis e eficazes, a construção da miniturbina e testes de desempenho. Os resultados demonstraram que a miniturbina pode contribuir para a autonomia energética das residências e reduzir as emissões de gases de efeito estufa, embora sua eficiência dependa das condições climáticas e do armazenamento de energia.

Palavras-chave: Energia Eólica. Miniturbina. Residências.

Introdução

Com o crescente interesse em fontes de energia limpa e renovável, a energia eólica tem se destacado como uma alternativa promissora para suprir parte das necessidades energéticas da sociedade. As turbinas eólicas são dispositivos capazes de converter a energia cinética dos ventos em energia elétrica, sendo amplamente utilizadas em escala industrial para a geração de eletricidade em grandes parques eólicos.

Entretanto, a aplicação da energia eólica em menor escala, especialmente para uso residencial, ainda representa um desafio em termos de custo e acessibilidade. Nesse contexto, o presente projeto tem como objetivo a construção de uma miniturbina de energia eólica, buscando oferecer uma solução viável e de baixo custo para a geração de energia em pequena escala.

A miniturbina proposta foi desenvolvida com foco em simplicidade de construção e facilidade de instalação, tornando-a uma opção atraente para residências, escolas ou comunidades com interesse em adotar práticas sustentáveis de geração de energia. Ao utilizar o vento como recurso natural, esta miniturbina pode contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a diminuição da dependência de fontes de energia não renováveis.

Ao longo deste projeto de pesquisa, são abordados os princípios de funcionamento da energia eólica, as etapas de projeto e construção da miniturbina, bem como os materiais e componentes necessários para sua implementação. Também são discutidas possíveis aplicações

e benefícios dessa tecnologia em contextos domésticos e de pequena escala.

Acreditamos que a construção desta miniturbina de energia eólica representará um passo significativo em direção à promoção de soluções sustentáveis de geração de energia, aproximando as comunidades do uso consciente e responsável dos recursos naturais. A disseminação dessa tecnologia poderá contribuir para uma sociedade mais consciente da importância da energia limpa e da preservação do meio ambiente, estimulando a adoção de práticas mais ecologicamente responsáveis em nossa busca por um futuro energético mais sustentável.

Objetivo

O objetivo deste projeto foi construir e implementar uma turbina de energia eólica para geração de energia em casas, visando promover uma fonte sustentável e renovável de eletricidade. Através da utilização do vento como recurso energético, buscou-se proporcionar autonomia energética para residências, reduzindo a dependência de fontes não renováveis e contribuindo para a preservação do meio ambiente. O projeto visou tornar a energia eólica acessível e viável para uso doméstico, promovendo a adoção de práticas mais sustentáveis e ecologicamente responsáveis em relação ao consumo de energia.

Questão Problema

Como desenvolver uma miniturbina eólica acessível e eficiente para uso residencial, considerando as condições climáticas locais e a disponibilidade de armazenamento de energia, visando promover a geração sustentável de eletricidade e reduzir a dependência de fontes não renováveis?

Hipótese

A construção de uma miniturbina eólica de baixo custo, focada na eficiência e adaptada às condições climáticas locais, pode proporcionar uma solução viável para a geração de energia sustentável em residências, reduzindo a dependência de fontes não renováveis e contribuindo para a preservação do meio ambiente.

Metodologia

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa detalhada sobre o funcionamento da energia eólica e o princípio de operação das turbinas. Foram estudados os conceitos de aerodinâmica, conversão de energia cinética em elétrica e a relação entre velocidade do vento e geração de energia. Foram analisados também diferentes tipos de turbinas e suas características para determinar o modelo mais adequado para a aplicação residencial.

Com base nos conhecimentos adquiridos na pesquisa, foram selecionados os materiais e componentes necessários para a construção da miniturbina. Foi dada preferência a materiais de baixo custo, facilmente encontrados no mercado e com boa disponibilidade. Foram levados em consideração critérios como resistência, durabilidade e eficiência energética dos materiais.

Com base nos princípios estudados e nos materiais selecionados, foi realizado o projeto detalhado da miniturbina; para isso, foram elaborados desenhos e esquemas que definissem as dimensões, o formato das pás, a disposição dos componentes e o sistema de geração elétrica. O projeto foi desenvolvido de forma a garantir a segurança, a estabilidade e a eficiência da miniturbina.

Com o projeto definido, foi iniciada a construção da miniturbina, com a montagem das pás e estrutura da turbina, utilizando as ferramentas adequadas e seguindo rigorosamente as especificações decididas no projeto. Os componentes elétricos, como gerador e controlador de carga, também foram instalados e conectados corretamente.

Após a construção a miniturbina, foi submetida a testes para avaliar seu funcionamento e eficácia em um cômodo de uma residência. Foi medida a geração de energia em diferentes velocidades de vento e realizados ajustes para otimizar o desempenho da turbina. Os testes também visaram verificar a segurança e estabilidade da estrutura em diferentes condições climáticas.

Com a miniturbina construída e testada, ela foi instalada em um ambiente aberto adequado para a geração de energia eólica. Foram realizadas as conexões elétricas e a integração com o sistema elétrico, além de uma avaliação do potencial de geração de energia e dos benefícios proporcionados pela miniturbina para o consumo doméstico.

Após a instalação, a miniturbina foi monitorada para avaliar seu desempenho ao longo do tempo. Foram registrados dados de geração de energia, eficiência, velocidade do vento e economia alcançada em relação ao consumo de energia convencional. Essas informações foram utilizadas para avaliar a viabilidade econômica e o impacto ambiental da utilização da miniturbina em ambiente residencial.

Desenvolvimento

O vento é uma massa de ar, cuja movimentação é gerada pela movimentação da terra nos movimentos de translação e rotação, bem como pela geração de diferentes gradientes e densidades de pressão. A energia eólica consiste na transformação da energia cinética do vento, contida nas massas de ar da atmosfera em energia elétrica, ou energia útil, como na utilização de moinhos de vento, para produzir energia mecânica ou velas para impulsionar objetos pelo ar e mar (RIBEIRO, 2017).

A transformação da energia dos ventos em energia elétrica ocorre por meio da movimentação de turbinas eólicas denominadas aerogeradores. A energia eólica é abundante, visto que cerca de 2% da energia solar absorvida pela Terra é convertida em energia cinética dos ventos, o que, segundo Ribeiro (2017) representa uma quantia de energia centenas de vezes mais potente do que a energia utilizada atualmente.

A energia eólica é renovável, escalável comercialmente e possível de ser produzida em todos os lugares (ARGENTINO; BEPPU, 2007). De acordo com os autores, a indústria aeronáutica foi pioneira na descoberta de conhecimentos da energia eólica, em meados da década de 1970, no contexto da crise do petróleo, em que as potências globais passaram a desenvolver tecnologias para utilização de fontes alternativas de energia.

Embora a energia eólica seja vantajosa, renovável, limpa e de relativo baixo custo, não é implementada como substituta para as fontes de energia fósseis em larga escala em países, como carvão e petróleo, em razão da ausência de tecnologia para resolução de problemas técnicos, como a armazenagem da energia, dificuldades geológicas e físicas de alguns países, a natureza intermitente dos ventos, bem como pelo interesse geopolítico no petróleo (RIBEIRO, 2017). Todavia, a transformação da energia dos ventos em energia mecânica é uma tecnologia conhecida pela humanidade há milênios, utilizada predominantemente para fins agrícolas, conforme afirmam Gomes; Trierveiler (2018). Verifica-se heterogeneidade na literatura quanto ao início da utilização de energia eólica na humanidade, de forma que Gomes; Trierveiler afirmam que os primeiros moinhos de vento foram criados em cerca de 1500 a.C., enquanto Assis (2015) afirma que a invenção surge em 8.000 a.C.

No Século XVII, os cata-ventos multipás foram inventados, ganhando rápida notoriedade e sendo utilizado para bombeamento de água e fins agrícolas. A partir da década de 1980, a energia eólica passou a ser utilizada em escalas maiores, tornando-se a fonte de energia que mais cresce no mundo em quantidade de pesquisas e de utilização, em um contexto

em que a busca com matrizes energéticas limpas e renováveis é crescente, dados os impactos ambientais dos combustíveis fósseis (NANDI; SANTOS, 2021).

As turbinas eólicas domésticas são definidas de acordo com sua capacidade de geração de energia:

Turbinas eólicas domésticas (*small wind*) são sistemas alimentados pelo vento, dimensionados para casas, fazendas e pequenas empresas. Estas turbinas, as quais são definidas como tendo capacidade de 100 Quilowatts ou menos, tiveram um significativo crescimento em seu mercado, e a indústria estabeleceu ambiciosas metas de crescimento, continuando a 18-20% até 2010 (ARRIGONE; MUTTI, 2008, p. 3).

Essas turbinas podem ser desenvolvidas de múltiplas formas, como em formato de turbina de avião ou formato vertical (ASSIS; 2018). De modo geral, os componentes das turbinas eólicas são torre, nacele, rotor, anemômetro e pás. A torre é o componente responsável por deixar o equipamento suspenso, em altura variável, de acordo com o escopo do projeto. Arrigone; Mutti (2008) afirmam que as torres devem possuir grande comprimento, para que a turbina possa captar os ventos das grandes alturas, em razão da menor pressão atmosférica. O nacele é o compartimento que abriga o mecanismo da turbina e, em modelos mais complexos, pode apresentar sistema hidráulico, controle eletrônico, freio, embreagem e caixa multiplicadora, entre outros.

O gerador de eletricidade funciona conforme a lei de Faraday, que determina que a presença de uma bobina ou espira de material condutor seja imersa em um campo magnético viável, criando-se uma corrente elétrica (ARRIGONE; MUTTI, 2008).

O rotor pode apresentar eixo vertical e horizontal e caracteriza-se como o objeto que opera dentro da corrente de ar, estando exposto a forças externas, como o arrasto e a sustentação (GOMES; TRIERVEILER, 2018). Por fim, o anemômetro é utilizado para mensurar a velocidade do vento. Modelos mais complexos podem apresentar outros componentes, como eixo lento, eixo rápido, gerador, caixa de engrenagens, sistema de *pitch* e sistema de *yaw* (NANDI; SANTOS, 2021).

Saab Jr.; Melero Jr. (2018) produziram um rotor de microturbina eólica com alta eficiência e baixo consumo, ideal para pequenas embarcações e áreas remotas, com potência suficiente para recarregar baterias, celulares e acendimento de lâmpadas LED. O projeto dos autores produz entre 69w e 137w; seus maiores benefícios foram o baixo custo, a facilidade de produção e a boa relação entre sustentação e arrasto, ambos sendo forças aerodinâmicas consideradas na realização de projetos eólicos e de estudos que envolvam aerodinâmica.

Já Gomes; Trierveiler (2018) criaram um mini gerador eólico, por meio da técnica *do it yourself*, em que indivíduos que não são profissionais e especialistas realizam projetos de baixo

custo com complexidade moderada. Os autores concluíram que a realização autônoma de projetos que envolvam o estudo e prática da energia eólica é de extrema relevância, pela relativa simplicidade, baixo custo e utilidade no contexto doméstico, bem como para diversos outros ambientes. Nos ambientes residenciais, os autores afirmam que o sistema eólico de baixo custo pode reduzir o consumo da energia elétrica tradicional e até substituí-la completamente, eliminando o custo da energia pública.

Resultados e Discussões

A miniturbina mostrou-se eficiente na conversão da energia cinética dos ventos em eletricidade sendo capaz de gerar 6 watts por hora. Durante os testes, observou-se que a turbina alcançou um bom rendimento energético, gerando eletricidade de forma consistente mesmo com ventos de intensidade moderada. A utilização de materiais de baixo custo e a simplicidade do projeto contribuíram para tornar a miniturbina uma alternativa viável em termos econômicos. O investimento inicial na construção da turbina foi relativamente baixo em comparação com outros sistemas de geração de energia renovável.

As despesas para a construção da miniturbina eólica são descritas na tabela 1 a seguir:

Tabela 1. Custo para construção da miniturbina eólica.

Material	Valor
1 hélice de 3 pás (1 metro)	R\$ 89,50
1 motor dínamo 12 v	R\$ 92,00
1 cano galvanizado (1 metro e meio)	R\$ 25,00
1 metro de fio elétrico	R\$ 5,00
Total	R\$ 211,50

Fonte: Os autores (2023).

Acredita-se que a construção de uma miniturbina eólica por R\$ 221,50 é um investimento mínimo em comparação aos inúmeros benefícios que ela trará, como por exemplo, economia significativa de energia elétrica em uma residência.

A miniturbina contribui para a autonomia energética da residência, reduzindo a dependência da rede elétrica convencional. Durante períodos com ventos favoráveis, a turbina foi capaz de suprir parte significativa das necessidades energéticas do local. A utilização da miniturbina de

energia eólica teve um impacto ambiental positivo, uma vez que a geração de eletricidade a partir do vento é uma fonte limpa e renovável. A redução das emissões de gases de efeito estufa e o aproveitamento de um recurso natural abundante também podem ser destacados como benefícios ambientais relevantes.

A construção da miniturbina de energia eólica revelou-se uma alternativa promissora para a geração de eletricidade em pequena escala. A utilização do vento como recurso natural, aliada ao baixo custo de construção e integração residencial, tornam essa tecnologia uma opção atrativa para comunidades interessadas em adotar práticas sustentáveis de geração de energia.

Foto 1. Miniturbina instalada para teste.



Fonte: Os autores (2023).

No entanto, é importante ressaltar que a eficiência da miniturbina pode variar de acordo com as condições climáticas do local de instalação. A disponibilidade de ventos favoráveis é um fator determinante para o rendimento energético da turbina. Além disso, a capacidade de armazenamento de energia em baterias também influencia a autonomia energética durante períodos com ventos fracos ou ausentes.

Assim para uma implementação mais ampla dessa tecnologia é necessário considerar as características climáticas locais, bem como investir em sistemas de armazenamento de energia para garantir o suprimento contínuo em momentos de baixa geração.

Considerações Finais

Este projeto representa uma contribuição significativa para a busca de soluções sustentáveis de geração de energia. Durante a realização deste estudo, foi possível constatar que a energia eólica, quando aplicada em pequena escala, pode ser uma alternativa acessível e eficiente para a geração de eletricidade em ambientes residenciais.

A construção da miniturbina eólica demonstrou que é viável desenvolver uma tecnologia que seja econômica e simples de implementar. A escolha de materiais de baixo custo e a consideração das condições climáticas locais foram fundamentais para o sucesso do projeto. Assim, a miniturbina ofereceu a vantagem de ser uma fonte de energia limpa e renovável, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a preservação do meio ambiente.

No entanto, é importante reconhecer que a eficiência da miniturbina está diretamente relacionada às condições climáticas e à disponibilidade de ventos favoráveis. A capacidade de armazenamento de energia em baterias desempenha um papel crucial na garantia da autonomia energética, especialmente durante períodos com ventos fracos ou ausentes. Para uma implementação bem-sucedida dessa tecnologia, é necessário considerar cuidadosamente as características do local de instalação e investir em sistemas de armazenamento de energia adequados.

Também é importante destacar que a disseminação da miniturbina eólica em residências e comunidades pode promover uma maior conscientização sobre a importância da energia limpa e renovável. Ao adotar práticas mais sustentáveis de geração de energia, as pessoas podem contribuir para um futuro energético mais responsável e ecologicamente correto.

Conclui-se que a miniturbina eólica para residências pode ser uma solução promissora para a geração de energia sustentável em pequena escala. Com a devida atenção às condições locais e aos sistemas de armazenamento de energia, essa tecnologia pode desempenhar um papel importante na transição para um futuro energético mais limpo e sustentável.

Referências Bibliográficas

ARGENTINO, Fábio Luiz. BEPPU, Sergio Katsumi. **Projeto e construção de turbina eólica para instalações comerciais e residenciais**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.

ARRIGONE, Giovanni Maria. MUTTI, Christiane do Nascimento. **Turbina eólica para produção de energia elétrica utilizando latas de alumínio**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

ASSIS, Anderson de. **A energia eólica para o consumo residencial**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2015.

GOMES, Amanda Mendes Ferreira. TRIERVEILER, Matheus. **Desenvolvimento de um mini gerador eólico de baixo custo utilizando a técnica do it yourself**. Palhoça: UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina, 2018.

NANDI, Natália Priscila. SANTOS, Vinícius Cruz. **Estudo da viabilidade de implantação de miniturbina eólica**. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021.

RIBEIRO, Luíza Bastos. **Um estudo sobre energia eólica no Brasil**. João Monlevade/MG: Universidade Federal de Ouro Preto, 2017.

SAAB JÚNIOR, Joseph Yousif. MELERO JÚNIOR, Valdir. **Microturbina Eólica Fab Lab IMT / Manual do Mundo**. São Caetano do Sul: FAB LAB MIT/Manual do Mundo, 2018.