



## MICROGERADOR EÓLICO COMO UMA FERRAMENTA PARA O ENSINO EXPERIMENTAL NA ENGENHARIA

**Atamy Reis Tanoue** – atamytanoue@gmail.com  
Universidade Federal do Pará, Faculdade de Ciência e Tecnologia  
Rodovia BR-316, Km-07  
67.000-000 – Ananindeua – Pará

**Resumo:** A energia eólica é a energia cinética contida no vento, proveniente do movimento das massas de ar. Por ser uma fonte de energia renovável, não emite gases poluentes, os quais contribuem para o aquecimento global. A geração de eletricidade se dá por meio de turbinas eólicas, que são dispositivos que convertem a energia cinética do vento em energia elétrica através de geradores elétricos. Em meio a este contexto existe o processo de ensino e aprendizado que tem o papel de agente de propagação dos conhecimentos necessários para a obtenção de novas tecnologias possibilitando cada vez mais soluções para problemas globais. O presente trabalho tem o objetivo de construir um micro gerador eólico a partir de reaproveitamento de materiais. E no processo de construção do microgerador, desde o início até sua conclusão, transformar o aprendizado dos conceitos necessários para o entendimento do modelo proposto, relacionando os assuntos da área de exatas, tais como energia, mecânica dos fluidos, materiais e suas características, eletricidade, magnetismo, bem como seleção de materiais e os processos de fabricação de elementos, mecanismos e máquinas aos a situações e problemas reais. Com isso o aluno através das etapas de experimentação poderá aperfeiçoar sua formação obtendo maior habilidade em colocar em prática o conhecimento teórico obtido em sua formação alcançando assim maiores êxitos

**Palavras-chave:** Microgerador eólico, experimentação, energia, eletromagnetismo.

### 1. INTRODUÇÃO

A energia eólica resulta da transformação de parte do efeito térmico solar em energia cinética da atmosfera. A diferença de radiação solar sobre regiões distintas do planeta provoca o deslocamento de camadas de ar, os ventos.

Figura 1 – Turbina eólica localizada em Mucuripe no Ceará.



Fonte: CE-EÓLICA.

Organização



**UDESC**  
UNIVERSIDADE  
DO ESTADO DE  
SANTA CATARINA



Promoção





A energia eólica pode ser considerada uma das mais promissoras fontes naturais de energia, principalmente porque é renovável, ou seja, não se esgota, é limpa, e amplamente distribuída globalmente e, se utilizada para substituir fontes de combustíveis fósseis, auxilia na redução do efeito estufa (SAMPAIO et al., 2017).

A primeira turbina de energia eólica do Brasil foi instalada em Fernando de Noronha em 1992. Dez anos depois, o governo criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) para incentivar a utilização de outras fontes renováveis, como eólica e biomassa (MARQUES et al., 2017).

Em meio a importante discussão sobre o meio ambiente e os recursos naturais tem-se a educação como meio de propagação das informações inerentes ao assunto assim sendo o modelo atual de educação apesar de se encontrar em continua transformação, nota-se ainda que são grandes dificuldades que os alunos apresentam em áreas básicas do conhecimento principalmente nas ciências exatas eixo que compreende as disciplinas relacionadas a matemática, química e física apesar da diversidade de fontes de conhecimento a dependência da figura do professor e a escassez do uso de metodologias diferenciadas, demonstra que o processo ensino-aprendizagem não está alcançando seus objetivos tendo como resultado ruim a alta evasão dos alunos dos cursos de engenharia.

A utilização de mecanismos menos teóricos e mais práticos proporciona melhorias significativas no processo ensino-aprendizagem tendo como principal resultado o despertar do interesse desses alunos para as disciplinas e aulas. De acordo com isso, (MASSETO, 2007) afirma que: “Novas técnicas desenvolvem a curiosidade dos alunos e os instigam a buscarem, por iniciativa própria, as informações de que precisam para resolver problemas ou explicar fenômenos que fazem parte de sua vida profissional”.

Levar em conta a necessidade de relacionar a realidade do cotidiano com as disciplinas ministradas em sala de aula, bem como a forma como este conteúdo deve ser desenvolvido, faz parte de um processo que envolve estudos teóricos e práticos. Com base no exposto acima, o presente trabalho objetiva instigar o uso de materiais alternativos para a construção de um protótipo como ferramenta chave para ensino e aprendizagem de Ciências Exatas principalmente dentro do contexto de formação de engenheiros, e visa relacionar diversos assuntos a cada etapa de desenvolvimento e produção do protótipo. Sendo assim cumpre também o papel de divulgar e incentivar o estudo de novas fontes de aproveitamento de energia.

## 2. GERADOR EÓLICO

Como a água o ar é um fluido com uma diferença que suas partículas estão em forma gasosa em vez de líquida. Quando o ar se move rapidamente na forma de vento essas partículas também se movem rapidamente, esse movimento significa energia cinética. O mecanismo capaz de realizar a captação e a conversão da energia presente nos ventos transformando-a em eletricidade é a turbina eólica, composta principalmente por um conjunto de pás também conhecida como rotor.

Quando as pás da turbina capturam a energia do vento e começam a se mover elas giram no eixo que une o cubo do rotor a um gerador. A turbina de energia eólica mais simples consiste basicamente em três partes fundamentais: as pás do rotor, o eixo e o gerador. As pás são basicamente as velas do sistema. Em sua forma mais simples atuam como barreiras para o vento. Quando o vento força as pás a se mover transfere parte de sua energia para ao rotor.

O eixo da turbina eólica é conectado ao cubo do rotor, quando o rotor gira o eixo gira junto, desse modo o rotor transfere sua energia mecânica rotacional para o eixo que esta



conectado a um gerador elétrico na outra extremidade, a última parte o gerador, transforma essa energia rotacional em eletricidade.

A energia cinética de um corpo em movimento é proporcional a sua massa, assim a energia cinética do vento depende da densidade do ar e de sua massa por unidade de volume segundo a equação 1. Quanto mais denso é o ar, maior será a quantidade de energia que a turbina receberá. Sabendo que a massa é dada pelo produto entre a densidade e o volume de ar, substituindo esta relação na primeira equação obtemos a equação 2.

$$E_c = \frac{1}{2} m.v^2 \quad (1)$$

$$E_c = \frac{1}{2} \rho.V.v^2 \quad (2)$$

A área de atuação do rotor é o que determina quanta energia a turbina eólica é capaz de captar, então considerando que o volume de ar que passa pelas turbinas depende da área  $A$  varrida pelo rotor, da velocidade  $v$  do vento e do tempo  $t$  que atua nas turbinas, temos que  $V = A.t.v$ , assim a energia aproveitada pode ser obtida da equação 3:

$$E_{ca} = \frac{1}{2} \rho.A.t.v^3 \quad (3)$$

Podemos então obter a partir da derivada da energia cinética em relação ao tempo a potência útil da turbina eólica, segundo a equação 4:

$$\frac{dE_{ca}}{dt} = P_{\infty} = \frac{1}{2} \rho.A.v^3 \quad (4)$$

A energia disponível no vento não pode ser integralmente convertida em energia mecânica, sendo assim, a quantidade máxima desta energia que pode ser extraída é de 59,3%, valor conhecido como limite de Betz (HANSEN, 2008).

Geralmente, em função da eficiência das pás do rotor, além de perdas aerodinâmicas, como as que ocorrem nas extremidades das pás, as turbinas eólicas mais eficientes alcançam valores em torno de 40% (FOREMAN, 1979). A eficiência pode ser descrita pela equação 5:

$$\eta = \frac{P_a}{P_{\infty}} \quad (5)$$

, onde  $P_a$  é a potência aproveitável e  $P_{\infty}$  é a potência útil.

Quando se trata de turbinas eólicas modernas podem ser de dois tipos: de eixo horizontal e de eixo vertical. As turbinas de eixo horizontal são mais conhecidas e as mais utilizadas por terem uma eficiência maior do que as de eixo vertical. As turbinas de três pás são as mais utilizadas para geração de energia elétrica em larga escala. Apesar das turbinas de duas pás serem mais eficientes elas são mais instáveis (LIMA, 2011).



Figura 2 – Turbina eólica de eixo vertical e turbina eólica de eixo horizontal.



Fonte: CE-EÓLICA.

Todas as turbinas de escala de geração pública produzidas comercialmente são turbinas eólicas de eixo horizontal.

### 3. ENSINO E APRENDIZADO

A utilização de diferentes ferramentas, técnicas e metodologias faz com que os alunos despertem sua curiosidade, demonstrem maior interesse e busquem novas informações possibilitando assim a solução de questões e problemas a eles submetidos. Segundo Masseto: A diferenciação e a variedade de técnicas quebram a rotina das aulas e assim os alunos se sentem mais animados em frequentá-las.

Além disso, facilitam a participação e incentivam as atividades dinâmicas durante o período das aulas, levando os aprendizes a saírem da situação passiva de espectadores da ação individual do professor (MASSETO, 2007, p. 17).

Segundo Moran, vivemos um momento diferenciado do ponto de vista do ensino e aprender. Aprendemos de várias formas, em redes, sozinhos, por intercâmbios, em grupos etc. Para ele, essa liberdade de tempo e de espaço em processos de aprendizagem configura um novo cenário educacional onde várias situações de aprendizagem são possíveis com a ajuda das Metodologias Ativas - Mas ou Metodologias Inovadoras - MIs.

Uma das principais vantagens da abordagem experiencial é que o conhecimento tem uma melhor fixação no sujeito que aprende. Isso deve, em grande parte, ao seu caráter prático e vivencial, que leva a um envolvimento sentimental do sujeito que aprende, e, em consequência, a uma maior facilidade para a assimilação do conhecimento (PIMENTEL, 2007).

Nas aulas, quanto mais os conteúdos são associados com a realidade dos alunos em questão, maiores serão as situações onde eles possam produzir e criar. Nestes momentos o professor deixa de ser o “dono do conhecimento” e passa a ser um mediador. Os alunos deixam de apenas fixar os conteúdos passando a produzir seu próprio conhecimento de acordo com o que lhes é proposto em sala de aula.



A proliferação desse tipo de ideia pode gerar cada vez mais êxito fazendo com que o aprendizado não seja somente mais significativo para o aluno, mas também para a sociedade no geral.

#### 4. MATERIAIS E METODOS

Foram utilizados materiais de baixo custo, reaproveitáveis e de fácil aquisição com o intuito de minimizar ao máximo o custo de produção deste modelo, cada etapa será mais bem descrita a seguir.

##### 4.1. Pás

Para confecção das pás foi utilizada uma embalagem de shampoo, a mesma era constituída de plástico do tipo PET4. Esse material foi escolhido em detrimento de sua resistência moderada e de sua baixa densidade além da fácil aquisição e do baixo custo, já que se trata de um material reaproveitado.

Para a confecção das pás inicialmente foram determinadas suas dimensões em função da área de atuação do rotor, um molde foi desenhado em papel, após algumas considerações determinou-se que as pás possuiriam 9,5 de comprimento e que sua largura seguiria uma variação que ia da base de 2,5 cm até a extremidade levemente arredonda com o valor de 1 cm, após a produção do molde utilizando uma tesoura comum cortou-se 3 pequenas pás.

##### 4.2. Cubo do rotor

Para a produção do cubo do rotor foi utilizado um suporte de apoio (Pé) de um aparelho micro-ondas, em função de seu formato cônico, facilidade de manipulação do material, esta peça foi utilizada como base de fixação das pás.

Sendo assim foram feitas pequenas fissuras, ou cortes, com o auxílio de um estilete cuja lâmina foi previamente aquecida por uma chama, distantes 120° entre si, na superfície do pé de micro-ondas do tamanho necessário para o encaixe das pás, aproximadamente 2 mm de espessura, optou-se ainda pelo uso de uma inclinação de aproximadamente 20° com relação ao eixo horizontal.

##### 4.3. Rotor

Figura 3 – Estrutura básica do microgerador.



Fonte: Autoria própria.



Para produção do rotor, avaliou-se inicialmente como seria realizada a fixação das pás ao cubo, as mesmas foram encaixadas nas fissuras realizadas no cubo do rotor e fixadas nessa posição através do uso de cola instantânea.

Em seguida adaptou-se um encaixe na base maior do tronco de cone para ficar em contato com o eixo do motor de DVD, formando a estrutura mostrada na Figura 3.

#### 4.4.Gerador

Como gerador foi utilizado um motor da ‘bandeja’ de um aparelho DVD, uma conexão de PVC diâmetro de 25mm foi utilizada como caixa de proteção, fixação e apoio da microturbina, tubo PVC de 25 mm de diâmetro de aproximadamente 40 cm de comprimento foi utilizado como base de apoio, fazendo a função da torre;

Figura 4 – Microgerador na estrutura base.



Fonte: Autoria própria.

Em seguida, para facilitar o manuseio, colocou-se o microgerador em uma base feita com um cano PVC simulando o poste, na extremidade foi fixada uma conexão em T que neste caso foi utilizada como caixa de fixação e proteção da microturbina eólica, formando assim o sistema que vai gerar a energia como mostra na Figura 4.

#### 4.5.Medições

Após efetuar a montagem, utilizou-se o multímetro digital para adquirir os resultados de geração de corrente. Para obtenção de melhores resultados nas pontas dos medidores foram utilizadas pequenas chaves dentadas para melhor fixação da fiação do microgerador eólico.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1.Resultado experimental

Após as etapas de aquisição do material utilizado e montagem do modelo, testes foram realizados utilizando um ventilador comum de mesa com diâmetro de 45 cm e área de atuação do vento com um diâmetro de aproximadamente 35 cm. As velocidades: baixa, média e máxima. Foram medidas as tensões elétricas (sem carga) geradas pelo microgerador, a partir desses valores foi possível observar que a velocidade influenciou diretamente o número de rotações, e que esse número de rotações influenciou por sua vez os valores de tensão obtidos segundo tabela 1.



Tabela 1 – Tensão Elétrica obtida nos testes experimentais

Velocidade do vento/ Velocidade de rotação	Tensão (V)
Baixa	0,4 V
Media	0,8 V
Alta	1,0 V

Fonte: Autoria própria.

Outra observação pertinente se deu na análise das angulações utilizadas na confecção do rotor, foram observados os comportamentos da turbina com as pás dispostas em três angulações diferentes: 20° 30° e 45°. Após a realização dos testes a velocidade máxima se observou uma variação de aproximadamente 0,2 volts, sendo assim a tabela 2 demonstra essa relação.

Tabela 2 – Tensão Elétrica obtida de acordo com a variação de angulação das pás no rotor a velocidade máxima.

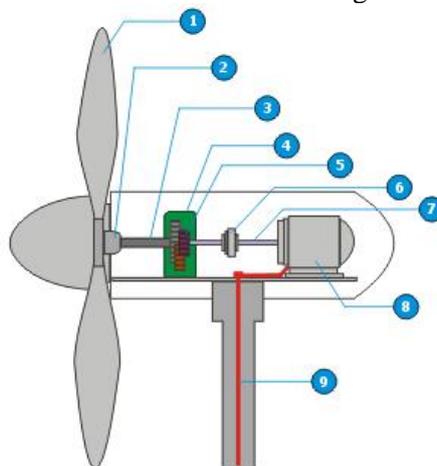
Ângulo	Tensão (V)
20°	1 V
30°	0,8 V
45°	0,6 V

Fonte: Autoria própria.

## 5.2. Discussão da teoria para obtenção do resultado experimental

Todas as etapas de projeto e construção de um gerador eólico seja lá qual for sua escala ou dimensão final são repletas de aplicações práticas de assuntos teóricos abordados em sala de aula dos mais diversos cursos de engenharia. Iniciando pelo item 1 da figura 5 tem-se a pá eólica na análise, no projeto e na produção deste elemento são necessários conhecimentos de geometria, tipos de materiais e conceitos de aerodinâmica. Trabalhar tais conceitos a partir dessa metodologia proporciona melhor entendimento não só sobre os assuntos relacionados a mecânica geral, mas também desenvolve as habilidades de análise e solução de problemas.

Figura 5 – Estrutura elementar de um gerador eólico.



Fonte: Adaptado de SAMPAIO.



No item 2, o cubo do rotor, nesse elemento ocorrem diversos esforços mecânicos assunto esse que de maneira teórica é abordado nos estudos sobre resistência dos materiais, processos de seleção e fabricação de componentes mecânicos também estão presentes na análise deste elemento.

Nos itens de 3 ao 7 são abordados os assuntos referentes a mecanismos e maquinas, ou seja, o estudo sobre os elementos de máquina. Características particulares de cada peça comportamento mecânico, possíveis tipos de falha são considerações que a parti da montagem de um gerador são claramente absorvidas pelos alunos pois os mesmos estarão sendo os responsáveis por sua produção.

No item 8, o gerador que a parte responsável pela efetiva geração de energia elétrica conceitos relacionados ao eletromagnetismo e a eletricidade são observados possibilitando um melhor aproveitamento do conteúdo teórico obtido em sala de aula.

## 6. CONCLUSÃO

Foi possível concluir que a energia eólica além de ser uma fonte renovável e limpa de energia, possui um custo de implantação e manutenção relativamente baixo. O crescimento desse tipo de fonte de energia é essencial para a melhora do meio ambiente, além de ser um aparato experimental que proporciona uma abordagem mais interessante e interativa para os alunos em seu processo de ensino-aprendizagem, em todas as etapas deste trabalho é possível estudar e absorver de maneira significativa, os mais diversos conceitos abordados nos cursos de engenharia. Com isso foi possível expor a importância do uso de meios alternativos aos tradicionais para a obtenção de melhores resultados dentro processos de formação de novos profissionais em específico neste caso os engenheiros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CE-EÓLICA - Centro de Energia Eólica. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/ce-eolica>>. Acesso em: 23 mai. 2017.

FOREMAN, K.M., GILBERT, B., OMAN, R.A. “Diffuser Augmentation of wind turbines”. Solar energy. Vol 20 pp 305-311, 1978.

HANSEN, MOL. Aerodynamics of Wind turbines. Second Edition, 2008.

KUHN, Thomas Samuel. A estrutura das revoluções científicas. Tradução de Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 3.ed. São Paulo: Perspectiva, 1992. 257 p. (série Debates – Ciência).

LIMA, Lucas F; JUNIOR, Sebastião C. G; PAULA, Aidson A. Potencia extraída de turbinas eólicas baseada na comparação de diferentes tipos de velocidade dos ventos. Artigo apresentado na IX CEEL. UFU: Minas Gerais, 2011.

MARQUES, F.C.P; SANTOS, F. N; VALENTE, I. B; JESUS, R. C; ANDRADE, V. H. M. Energia eólica. Disponível em: <<https://evolucaoenergiaeolica.wordpress.com/energia-eolica-no-brasil/>> Acesso em: 24 mar. 2017.

MASSETO, Marcos Tarciso (org.) Ensino de Engenharia: Técnicas para Otimização das Aulas. Avercamp Editora, São Paulo, 2007.

Organização



Promoção





MORAN, J.M. Metodologias Inovadoras com Tecnologias. Entrevista a João Matar. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=pKi2K\\_xcTGM&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=pKi2K_xcTGM&feature=youtu.be)>. Acesso em: 13 mai. 2017.

PIMENTEL, Alessandra. A teoria da aprendizagem experiencial como alicerce de estudos sobre desenvolvimento profissional. Estud.psicol. (Natal), vol.12, no. 2, Ago 2007. Acesso em: 29 abril. 2017.

SAMPAIO, A; PORTELA, J; GOMES, M; PEDRO, R. Energia eólica. Disponível em: <<https://evolucaoenergiaeolica.wordpress.com/energia-eolica-no-brasil/>> Acesso em: 29 mar. 2017.

SILVA, Selênio Rocha. ENERGIA EÓLICA. Departamento de Engenharia Elétrica. UFMG.

## **EOLIC MICROGENER AS A TOOL FOR THE EXPERIMENTAL TEACHING IN ENGINEERING**

**Abstract:** Wind energy is a kinetic energy contained in the wind, coming from the movement of the air masses. As a source of renewable energy, it does not emit pollutants, which contribute to global warming. The generation of electricity occurs through wind turbines, which are devices that convert a kinetic energy of the wind into electrical energy through electric generators. In the midst of this context there is the teaching and learning process that has the role of propaganda agent of the knowledge needed to obtain new technologies, enabling more and more solutions to global problems. The present work has the objective of constructing a micro wind generator from reuse of materials. And the process of construction of the microgenerator, from the beginning until its conclusion, will transform the learned concepts needed to understand the proposed model, relating the area of equipment, such as energy, mechanics of fluids, materials and their characteristics, electricity magnetism. As well as selection of materials and manufacturing processes of devices, mechanisms and makeup for real situations and problems. With this, student through the stages of experimentation, can perfect his formation obtaining greater ability to put in practice or theoretical knowledge obtained in his formation, as well as successes

**Keywords:** Wind generator, experimentation, energy, electromagnetism.

Organização



**UDESC**  
UNIVERSIDADE  
DO ESTADO DE  
SANTA CATARINA



**UNISOCIESC**  
Educação e Tecnologia

Promoção



**ABENGE**  
Associação Brasileira de Educação em Engenharia