



## ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DA TURBINA DE LENZ

*Henrique Brito Silva<sup>1</sup>, Carlos Alberto Gallo<sup>2</sup>, Matheus Franco Silva<sup>3</sup>*

**RESUMO:** A geração de energia eólica é uma tendência mundial e uma preocupação atual é viabilizar seu uso em áreas urbanas e torna-la economicamente viável em menores escalas, assim como é com a energia solar, principalmente por se tratar de uma fonte de energia renovável e limpa. Em ambientes urbanos, o recurso eólico é turbulento, possuindo grandes variações em sua direção e por isso são utilizadas turbinas de eixo vertical, capazes de produzir torque com o vento incidente de qualquer direção. O objetivo dessa pesquisa foi estudar um projeto de uma TEEV (Turbina Eólica de Eixo Vertical), a turbina de Lenz, com o intuito de implementar sua construção de forma inovadora e estudar experimentalmente seu desempenho em túnel de vento. Nesse trabalho, concluiu-se que essa turbina possui um desempenho superior ao esperado para turbinas com o princípio de funcionamento semelhante e menor velocidade de arranque, velocidade mínima para iniciar o movimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Renovável, Eólica, TEEV, Lenz.

## STUDY AND IMPLEMENTARION OF THE LENZ TURBINE

**ABSTRACT:** The generation of wind energy is a world trend and a current concern is to make it feasible to use it in urban areas and making it economically viable on smaller scales, just as it is with solar energy, mainly because it is a source of renewable and clean energy. In urban environments, the wind resource is turbulent, having large variations in its direction and therefore are used vertical axis turbines, capable of producing torque with any direction of incident wind. The objective of this research was to study a VAWT (Vertical Axis Wind Turbine) design, the Lenz turbine, with the intention of implementing its construction in an innovative way and experimentally studying its performance in wind tunnel. With data, it was concluded that this turbine has performance superior to that expected for turbines with the similar operating principle and smaller starting speed, minimal speed required for initiating the movement.

**KEYWORD:** Renewable, Eolic, VAWT, Lenz

## INTRODUÇÃO

Segundo (Castillo, 2011, pp. 11-14) a literatura, as turbinas podem ser classificadas com a orientação do eixo de rotação, a força motriz (arrasto ou sustentação). Nesse trabalho foi estudado a turbina de Lenz, pois ela possui o eixo de rotação na vertical, lhe permitindo funcionar com o vento turbulento e proveniente de qualquer direção, tornando-a ideal para aplicações em ambientes urbanos. Essa turbina, tem por princípio de funcionamento tanto a força de arrasto quanto a força de sustentação, isso

faz com que a turbina consiga realizar auto arranque (inicie o movimento sem auxílio de motor externo) mesmo a baixas velocidades, uma dificuldade de turbinas que funcionam por sustentação e tenha eficiência relativamente superior a turbinas convencionais que funcionam somente por arrasto, como mostra (Castillo, 2011, p. 28). Isso a torna ideal para geração de energia eólica em ambientes urbanos.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Construção da turbina**

Para execução desse projeto, foi utilizado uma placa de isopor de 150 x 300 [mm] que foi moldada a mão pra ter o formato desejado das pás, então esse molde foi coberto com 3 camadas de manta de carbono e resina epóxi e posto para secar por 1 dia e então revestido com fita para melhorar o acabamento superficial.

O eixo principal da turbina foi feito com um tubo de cobre de 21 *mm*. Nesse eixo foram posicionados 2 suportes feito de cano de PVC e reforçado com fibra de carbono e resina epóxi, os quais permitiam a montagem e desmontagem de tubos de cobre auxiliares, responsáveis pela sustentação das pás. No total, são 6 tubos auxiliares, eles foram presos de forma perpendicular ao eixo com o auxílio de braçadeiras e estavam dispostos em 2 grupos de 3 tubos de 16 *mm*, cada par de tubos seria responsável pela sustentação de uma pá. Nas pás, existem furos que permitem a passagem desses tubos que são fixados também por meio de braçadeiras. O custo da turbina, ficou por volta de R\$250,00.

### **Coleta de dados em túnel de vento.**

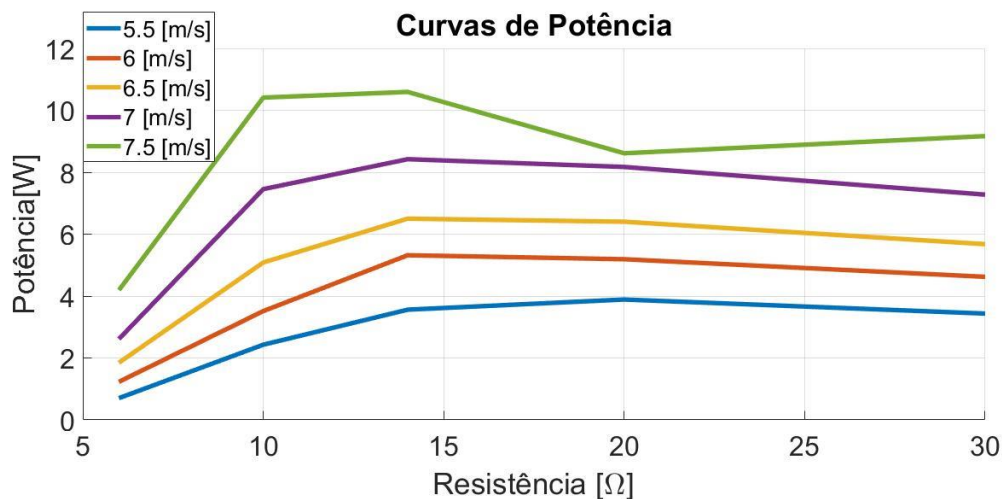
Essa turbina foi acoplada a um gerador elétrico e levada ao túnel de vento para a realização de ensaios. Nesses ensaios, foi medida a densidade do ar e sua velocidade com instrumentos do próprio laboratório. No experimento é preciso coletar os dados de corrente e tensão do gerador com respeito a velocidade e a resistência utilizados. Portanto, a turbina foi testada com o escoamento de velocidades entre 2 - 7,5 [*m/s*] e para cada valor de velocidade ensaiado é preciso variar a carga sobre o gerador entre 6 - 200 [ $\Omega$ ]. Portanto, para cada valor de velocidade e resistência, eram medidos os valores correspondentes de corrente e tensão para a saída retificada do gerador. Não foram feitos testes em maiores velocidades, pois como o gerador não era preso ao chão isso prejudicava sua estabilidade comprometia a segurança dos equipamentos utilizados. Pelo mesmo motivo, com o aumento da velocidade foram testados menores valores de resistência, porque eles atingiam maior transferência de potência, fazendo a turbina rodar mais devagar.



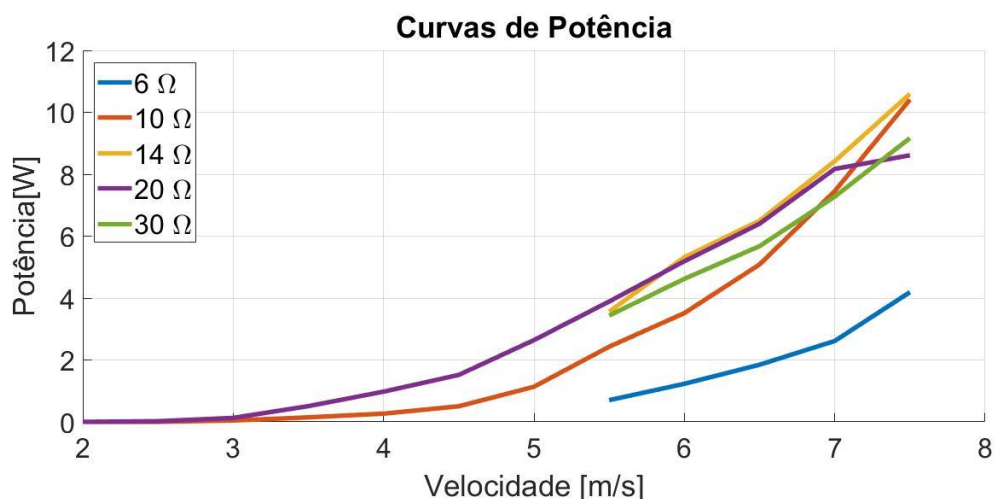
**Figure 1** – Foto da turbina de Lenz implementada

## RESULTADOS PARCIAIS/FINAIS

Para avaliar a eficiência da turbina, é preciso levar em conta também as características do gerador de 1000 [W] (portanto, não ideal) e o casamento de impedâncias para que se consiga extrair a máxima potência, como mostra (Teoremas de Circuitos Elétricos, 2018). Os resultados para velocidades muito baixas e altas resistências não contribuíam na interpretação do gráfico e, portanto, não constam nele. Analisando as curvas de potência da Figura 2 e Figura 3, é possível notar que a resistência Thevenin do gerador, é cerca de 10 - 20 [ $\Omega$ ], ou seja, nessa faixa tem-se a maior transferência de potência do sistema.

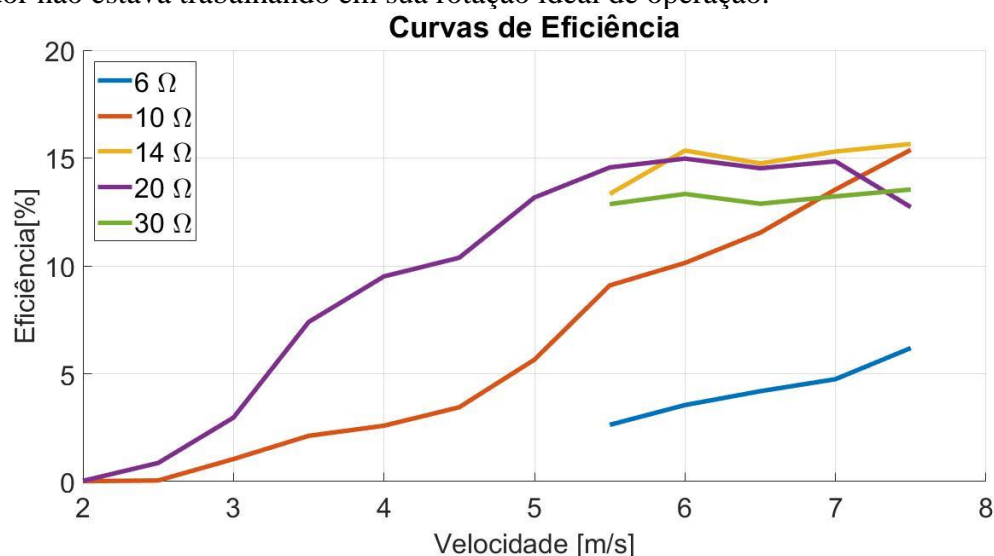


**Figura 2** – Gráfico de Potência [W] X Resistência em [ $\Omega$ ]



**Figura 3** – Gráfico de Potência [W] X Velocidade em [Ω]

Além disso, tanto o gerador quanto a geometria da turbina possuem velocidades ideais para trabalharem com máxima eficiência, porém, para os dados coletados, foi encontrado que a eficiência sempre aumenta conforme cresce a velocidade. Portanto, não foi encontrada a velocidade ideal para o trabalho da turbina, e foi atingida uma eficiência de aproximadamente 15%, próxima da máxima esperada em turbinas que funcionam por arrasto como mostra (Stiebler, 2008.) Porém, as condições não foram ideais, pois a área de saída do túnel de vento não era suficiente para molhar toda a área transversal da turbina e o gerador não estava trabalhando em sua rotação ideal de operação.



**Figura 4** – Gráfico da Eficiência em função da velocidade e da resistência

## CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados obtidos conclui-se que a turbina de Lenz possui uma pequena velocidade de arranque e a capacidade de operar em um grande espectro de velocidades e que apesar das condições não ideais dos ensaios foi capaz de atingir uma eficiência comparativamente significativa.

## Referências

- Castillo, J. (2011). *SMALL-SCALE VERTICAL AXIS WIND TURBINE DESIGN*.  
 Stiebler, M. (2008.). *Wind Energy Systems*. Springer Science & Business Media.  
*Teoremas de Circuitos Elétricos*. (20 de 07 de 2018). Fonte:  
<http://www.eletrica.ufpr.br/thelma/Capitulo6.pdf>