

DESENVOLVIMENTO PRELIMINAR DE TURBINA EÓLICA RESIDENCIAL PELO DIMENSIONAMENTO DE SCHMITZ PARA A REGIÃO DA CHAPADA DO ARARIPE - PIAUÍ

André Ribeiro de Oliveira (1); Álvaro Barbosa da Rocha (2); Brenner Dorneles Medeiros de Moraes (3); Raimundo Nonato Calazans Duarte (4)

- (1) *Universidade Federal de Campina Grande, andre.ribeiro1301@gmail.com*
- (2) *Universidade Federal de Campina Grande, alvarobarbosa2@hotmail.com*
- (3) *Universidade Federal de Campina Grande, brenner.dorneles@gmail.com*
- (4) *Universidade Federal de Campina Grande, raimundo.duarte@ufcg.edu.br*

Introdução

Desde que o Brasil é signatário do Acordo de Paris o país se comprometeu com a meta de redução de gases responsáveis pelo efeito estufa ano após ano. Chegando a uma redução estimada de 37% até 2025 comparando-se ao ano de 2005 segundo o Ministério do Meio Ambiente (2015), essa queda não se deu somente por veículos mais eficientes, mas também pelo recente crescimento da diversificação da matriz energética, reduzindo fontes de energia da forma fóssil e aumentando-se na forma renovável como é o caso das energias solar e eólica. O que resultou na marca atual de 13 GW de capacidade instalada no início de 2018, chegando a abastecer 10% do país em alguns meses como reporta a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica).

Tal crescimento traz à tona o que já se presumia: o Brasil é um país rico quando a questão é fonte de energia renovável. Possuindo uma das maiores taxas de incidência solar do mundo e com áreas costeiras e chapadas com ventos constantes em boa parte do ano, o Brasil é procurado por empresas de todo o mundo para a exploração de tais fontes. Contudo, como em tantos outros aspectos, a população e indústria brasileira são pouco afetadas com os impactos positivos de tais fatores, em contraste a população pagando uma das maiores taxas para consumo de energia elétrica do mundo e a indústria local com pouco ou quase nenhum desenvolvimento de tecnologias em tais áreas.

Nesse cenário, o estado do PiauÍ surge como um dos principais pontos em comum de tais contradições, o estado possui o terceiro menor IDH do país (0,713 segundo o IBGE 2010), contudo é referência quando o assunto é investimento, ainda que de fonte privada e estrangeira, em energias renováveis devido ser um dos estados com maior incidência solar e com áreas propícias à instalação de parque eólicos que vão desde a Chapada do Araripe até o Litoral do estado, ambos com parques eólicos de referência instalados recentemente.

A Chapada do Araripe compreende uma região que abrange os estados do PiauÍ, Ceará e Pernambuco e é uma das regiões com maior incidência de ventos do país, detendo o recorde de mundial de 92,5% (segundo a Casa dos Ventos, operadora do parque eólico Ventos do Araripe III) de fator de capacidade em um dos parques instalados na região possui também o retrato contrastante de zonas rurais com famílias sem acesso à energia elétrica.

Dado o exposto, o presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento preliminar de uma turbina eólica de pequeno porte para aplicação residencial com potência nominal de operação de 800 W e velocidade de ventos para operação de 4,6 m/s o que representa a média anual da região segundo Magalhães (2016) através da metodologia tomada por Habali (2000) com base na teoria descrita por Schmitz (1955/56) e amplamente aceita como a teoria mais coerente com as condições reais de operação segundo Gasch (2006). Tal desenvolvimento visa atender às necessidades que tais famílias passam que, apesar de morar em região altamente favorável à geração de energia elétrica, não possuem acesso à mesma.

(83) 3322.3222

contato@conapesc.com.br

www.conapesc.com.br

Metodologia

Com base no método tomado por Habali, mas pondo em uso a teoria de dimensionamento de pás de turbina eólica horizontal através da análise em duas dimensões (2D) de elementos de pás de espessura infinitesimal apresentada por Schmitz, seguiu-se o desenvolvimento através dos seguintes passos:

- Estabelecimento dos aspectos ambientais e técnicos de operação da turbina: velocidade de vento média anual na localidade de 4,6 m/s segundo Magalhães, velocidade de rotação de 100 rpm e potência nominal de 800 W tomado com base nos padrões estabelecidos no mercado, resultando em um diâmetro de rotor de 6,5 m e uma razão de velocidades de na ponta da pá de 7.
- Seleção do perfil aerodinâmico formador da pá. Segundo Burton (2001) em pás de grande porte, optasse pelo uso de vários perfis aerodinâmicos para suprir diferentes esforços em regiões distintas da pá, contudo em pás de pequeno porte isso não se faz necessário por conta de sua demanda estrutural mínima se comparado às de grande porte. Nesse sentido, fez-se o uso do trabalho de Björck (1990) no qual descreve uma gama de perfis aerodinâmicos com seus respectivos estudos de desempenho aerodinâmico na forma de coeficiente de sustentação em função do coeficiente de arrasto. Após uma vasta análise dos perfis aerodinâmicos descritos pelo mesmo comparando diretamente tal razão à 80% da máxima razão a fim de evitar efeitos de stall, optou-se pelo perfil FFA-W3-211 com ângulo de ataque de 8°.
- Seccionamento em um número de 28 elementos de pá a fim de garantir uma harmonização dos valores (vale ressaltar que quanto mais elementos, mais fiel à realidade do problema é, por outro lado há um consumo maior de tempo em aquisição de tais parâmetros tornando o problema mais complexo) e aplicação da teoria apresentada por Schmitz para obtenção dos valores de ângulo de torção e corda de cada elemento. Chegou-se valores de ângulo de torção de 51,15° no elemento mais próximo ao eixo e 34,90° na ponta da pá, com respectivos valores de corda de 0,35 m e 0,08 m, chegando a uma corda máxima de 0,35 a um raio de 0,32 m sendo esse o elemento mais próximo do eixo.
- Inserção dos parâmetros de coordenadas de perfil aerodinâmico, corda e ângulo de torção de cada elemento de pá em ambiente CAD. Por fim, é promovido a união dos 28 elementos com auxílio da função Loft, criando uma única peça 3D.

Tais passos resultam em uma única geometria de pá fechada em ambiente CAD. A partir disso, os procedimentos futuros seriam de fabricação que podem ser de diversas maneiras, desde prototipagem rápida (manufatura aditiva), injeção de polímero com o uso de moldes metálicos ou até mesmo a laminação de compósitos com o auxílio de matriz.

Resultados e Discussão

O presente trabalho resultou em uma geometria em ambiente computacional (CAD) com todas as especificações necessárias para operação em ótimas condições na região proposta pelo mesmo com coeficiente de potência de 40% segundo Habali. Ou seja, se considerar que o limite para tais equipamentos é de 59% segundo Betz (1929), com uma velocidade de vento acima da de projeto o rotor seria capaz de gerar mais que os 800 W para que foi projetado, contudo essa análise desconsidera os efeitos de instabilidade (stall) na qual a pá estará sujeita nessas condições por conta da alteração do seu ângulo de ataque pela componente perpendicular ao rotor (velocidade de vento livre) o que entra na região acima de 80% do pico

da razão coeficiente de sustentação sobre coeficiente de arrasto evitada na fase de projeto descrita pelo segundo passo descrito na metodologia.

Conclusões

Ao final do trabalho, foi obtido uma geometria completa dimensionada com base na teoria proposta por Schmitz pronta para fabricação e aplicação na região da Chapada do Araripe – PI. Contudo, dado a metodologia aqui apresentada, é possível o desenvolvimento de distintas pás eólicas para as mais variadas localidades, bastando apenas o conhecimento da velocidade de vento da região, a potência nominal da turbina e sua velocidade de rotação de projeto que por sua vez determinarão o diâmetro do rotor. A flexibilidade dos dois últimos fatores independentes, também trazem um outro benefício: a facilidade de adequação da pá a diferentes reduções com distintas especificações técnicas, com a finalidade de manter a velocidade constante na entrada do gerador, aspecto principal na geração de energia elétrica.

Referências

- SCHMITZ, G.: Theorie und Entwurf von Windrädern Optimaler Leistung (Teoria e Projeto de Moinhos com Ótima Performance). **Zeitschrift der Universität**. Rostock 1955/56.
- BETZ, A.: Wind-Energie und ihre Ausnutzung durch Windmühlen (A Energia Eólica e a sua Utilização por Moinhos de Vento). **Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen** 1929. Reimpressão: Öko-Buchverlag Kassel 1982.
- BJÖRCK, A.: Coordinates and Calculations for the FFA-W1-xxx, FFA-W2-xxx and FFA-W3-xxx Series of Airfoils for Horizontal Axis Wind Turbines. **The Aeronautical Research institute of Sweden**, Stockholm, 1990.
- GASCH, Robert; TWELE, Jochen (Ed.): Wind Power Plants: Fundamental, design, Construction and Operation. 2. ed. Berlin: **Springer**, 2006. 567 p.
- BURTON, T., SHARPE, D., JENKINS, N., BOSSANYI, E.: Wind Energy Handbook. 1ª Ed., **John Wiley & Sons**, Chichester, 2001.
- HABALI, S., SALEH, I.: Testing and Manufacturing of Small Mixed Airfoil Wind Turbine Blades of Glass Fiber Reinforced Plastics Part I: Design of The Blade and Root. **Energy Conversion and Management**, Vol. 41, 249–280, 2000.
- MAGALHÃES, A. L. C., SOARES, G. F., LIRA, M. A. T.: Evolução Histórica do Potencial de Energia Renovável do Piauí. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia (CONTECC 2016)**, Foz do Iguaçu, 2016.
- ALVES, W. R. S.: Energia Eólica como Alternativa Sustentável na Chapada do Araripe. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso Tecnologia da Construção Civil), **URCA**, Juazeiro do Norte, 2017.