ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE GERADOR EÓLICO

STUDY AND DEVELOPMENT OF A WIND TURBINE MODEL

Elisama Pedrosa Gois, Gabriel Lima Linhares, Luiz Fernando De Lima dos Santos, Marcelo Costa Tirloni, Matheus Sette Villela, Nicolas Pinto das Chagas, Ramon de Jesus França, Carlos Alberto Amaral Moino, José Carlos Morilla

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia Mecânica
E-mail para contato: eg175624@alunos.unisanta.br

RESUMO – A produção de energia é tema central na redução dos efeitos climáticos, devido à relação entre consumo energético e avanços tecnológicos. A energia eólica se destaca como alternativa promissora, convertendo a energia cinética do vento em energia mecânica. No Brasil, é vista como solução estratégica para a matriz energética. Este estudo analisa um gerador eólico, correlacionando geometria e ambientação, com modelos 3D nos softwares Autodesk Inventor e Dassaut SolidWorks e simulações para avaliar a eficiência. Com simulações, obtiveram-se resultados preliminares que indicam que a relação entre a eficiência com a geometria e a quantidade de pás, sendo o modelo menor quantidade de pás seguindo como hipótese priorizada para o desenvolvimento da metodologia, no entanto, não única.

Palavras-chave: Energia eólica; Gerador eólico; Simulação; Mecânica dos fluidos; Fluidodinâmica.

ABSTRACT – Energy production is a central topic in reducing climate effects due to the relationship between energy consumption and technological advancements. Wind energy stands out as a promising alternative, converting the wind's kinetic energy into mechanical energy. In Brazil, it is seen as a strategic solution for the energy matrix. This study analyzes a wind turbine, correlating geometry and setting, using 3D models in Autodesk Inventor and Dassault SolidWorks software, along with simulations to assess efficiency. Preliminary results from the simulations indicate a relationship between efficiency, geometry, and the number of blades, with the model featuring fewer blades being prioritized as a hypothesis for methodology development, although not the only one.

Keywords: Wind Energy; Wind Turbine; Simulation; Fluid Mechanics; Fluid Dynamics

Tipo do trabalho: (X) Iniciação científica ( ) Iniciação tecnológica ( ) Extensão

1 INTRODUÇÃO

A produção energética e os recursos utilizados para esta atividade tem sido pauta recorrente nas últimas décadas, visando a mitigação dos efeitos climáticos causados pela emissão de GEEs (Gases do Efeito Estufa) na atmosfera. É notável a relação entre avanços sociais e consumo de energia [1] agregando relevância ao estudo na diversidade de matrizes de geração de energia.

Uma das vertentes para a diversificação é a energia eólica, tratada com enfoque basal neste trabalho. Esta energia converte a energia cinética, proveniente da movimentação do ar na atmosfera, em energia mecânica, por intermédio da força exercida na pá do gerador eólico, seja por princípios aerodinâmicos, como diferencial de pressão (geradores a reação), ou pelo impacto do vento sobre área da pá (geradores a ação). No cenário nacional, considera-se a energia eólica como parte de uma solução para diversidade e segurança da matriz energética brasileira [2] propiciando terreno para avanços de estudos nesta área.

O objetivo deste trabalho é criar um gerador eólico e analisar a sua eficiência, utilizando *softwares* de modelagem 3D e simulação computacional (CFD - *Computational Fluid Dynamics*). A pesquisa visa identificar a configuração ideal que maximize o torque e minimize o impacto de fatores como vórtices e torque estático, contribuindo para o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes na geração de energia eólica e por fim, desenvolver um modelo 3D para ensaio em túnel de vento.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho utilizou os *softwares* Inventor e CFD, da AutoDesk e SolidWorks, da Dassaut Systems, para modelagem e simulação. A partir dessas análises, estima-se identificar o melhor cenário para o funcionamento do gerador, levando em conta as variáveis críticas de quantidade de pás e velocidade do vento, permitindo obter a configuração mais eficiente e sugerir melhorias para futuras implementações na área de energia eólica, proporcionando uma base de estudo para o desenvolvimento de soluções mais eficientes no ramo de geração de energia. Definida a melhor variante do modelo, será impresso em 3D em filamento de ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) e testado em túnel de vento.

O estudo para a concepção da geometria do aerogerador foi baseado na potência mecânica disponível no vento [3], expressa pela equação (1).

$$P_v = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (1)$$

Onde P_v é a potência média do vento (W), ρ é a densidade do ar, A é a área referente ao rotor e v a velocidade média do vento (m/s). Com base na equação (1) nota-se que os únicos termos variáveis são a área do rotor do gerador e a velocidade do vento.

Desta maneira, além da velocidade do vento, o número de pás do gerador influência a eficiência do gerador, pois ao aumentar a quantidade de pás, aumenta-se a área. Apesar disto, ao aumentar o número de pás o torque estático do gerador é reduzido [4].

Outro fator que foi levado em consideração na modelagem do gerador foi o número de estágios. Sabe-se que o aumento no número de estágios (colocar mais de um rotor trabalhando em série) faz com que o gerador tenha o desempenho reduzido, mas faz com que se reduza a dependência da direção do vento, devido ao ângulo de ataque das pás, o que reduz o torque estático, responsável pela partida do gerador [5].

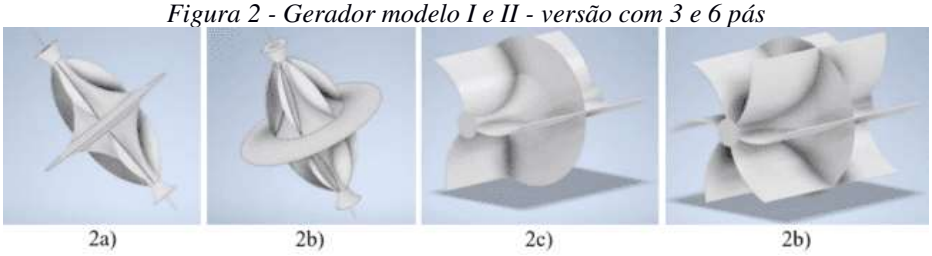
Com base no exposto, foi modelado no *software* Autodesk Inventor 2024 dois modelos de geradores, mostrados na Figura 1, inicialmente com 8 pás, como ponto de partida.

Figura 1 - Modelos I e II do gerador – versão com 8 pás



O item (1a) mostra o modelo I e (1b) o modelo II. O modelo II originou-se do modelo I após os primeiros testes e simulações. A partir destes dois modelos iniciais foi obtido as demais variações, variando-se a quantidade das pás (3, 6 e 8 pás). A Figura 2 ilustra as variações do modelo I - figuras 2a) e 2b) - e no modelo II - figuras 2c) e 2d).

Figura 2 - Gerador modelo I e II - versão com 3 e 6 pás

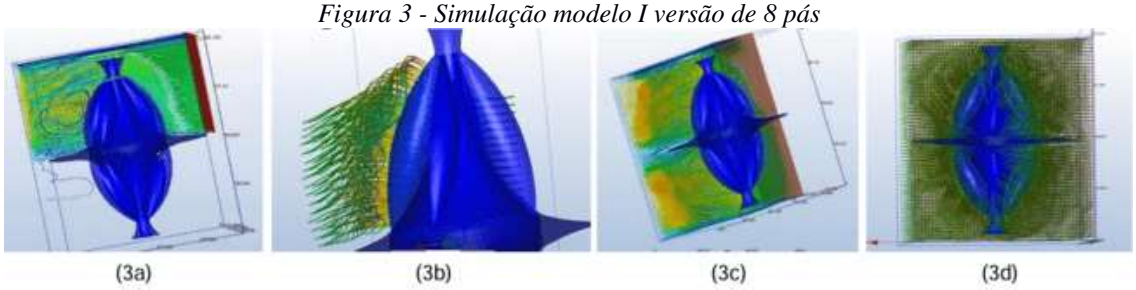


Nota-se que o corpo do gerador permanece o mesmo, variando-se apenas o tipo de pá utilizado e a quantidade. Entretanto, na modelagem atual do corpo do modelo as pás dos dois patamares estão iguais, ou seja, possuem o mesmo ângulo de ataque. Desta forma, para as próximas versões deve-se defasar o ângulo entre as pás a fim de aumentar o ângulo de ataque, reduzindo consequentemente o torque estático.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas primeiras simulações dos modelos eólicos, utilizando o Inventor, consideraram que o material do corpo do gerador é de alumínio, configuração padrão adotada para as demais simulações. Inicialmente, as primeiras simulações realizadas no CFD foram feitas no modelo I versão de 8 pás. O vento foi configurado com velocidade de 10m/s. As Figura 3 e mostra os resultados deste primeiro estudo.

Figura 3 - Simulação modelo I versão de 8 pás



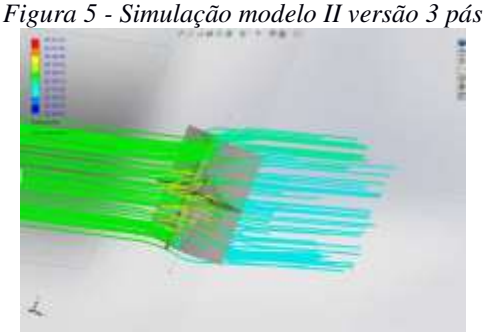
Com este primeiro estudo, notou-se que após o ar movimentar uma pá do gerador ele acaba atrapalhando a movimentação da próxima, gerando vórtices que acabam comprometendo o funcionamento do gerador. A fim de verificar o funcionamento real deste modelo ele foi impresso em 3D com filamento ABS na sua versão de 3 pás conforme a Figura 4.

Figura 4 - Modelo I versão 3 pás impresso em 3D



Desta maneira, foi criado o modelo II, cujo formato da pá possui maior área, e foi simulado a versão de 3 pás, adotando o vento com velocidade de 10m/s. No entanto, o resultado desta simulação foi inicialmente inconclusivo, uma vez que o *software* não reconheceu o corpo do gerador como um sólido, fazendo com que o fluxo de ar fosse direcionado para um ponto aleatório na periferia do modelo de estudo. Com base nisto, o modelo II do gerador foi submetido a simulação no SolidWorks, com a mesma configuração utilizada no outro *software*, e obteve-se o resultado mostrado na Figura 5.

Figura 5 - Simulação modelo II versão 3 pás



Analisando a Figura 5 foi possível verificar que o modelo gerado apresenta uma diferença entre a pressão de entrada e saída do gerador e o fluxo de ar não apresentou o mesmo comportamento turbulento como no modelo I.

4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos nas simulações realizadas, verificou-se que a configuração do modelo II do gerador apresentou resultados mais concisos que o modelo I, uma vez que não apresentou vórtices e o vento não atrapalhou o funcionamento das pás. Entretanto, apesar da simulação no modelo II apresentar uma diferença de pressão, esta diferença não foi tão significativa quanto o esperado. Com base nisto, sugere-se que se verifique a geometria da pá bem como a possibilidade de desalinhar as pás do patamar superior com as do patamar inferior, a fim de ganhar mais ângulos de ataque e aumentar a diferença de pressão, potencializando o torque. A próxima etapa do estudo será realizar a simulação em todas as variações dos dois modelos no SolidWorks, a fim de condensar todos os dados e compará-los. Uma vez que os dados apontem a melhor variação do gerador, ou seja, o melhor modelo e quantidade de pás, este modelo deve ser confeccionado por filamento de ABS em uma impressora 3D e testado em um túnel de vento.

REFERÊNCIAS

[1] SAKURAI, R.; ZUCHI, J. D. As revoluções industriais até a industria 4.0. Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 480–491, 2018. DOI: 10.31510/infa.v15i2.386. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/386>. Acesso em: 27 ago. 2024.

[2] Brasil, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2021 1v.: il. 1. Energia Brasil. 2. Política Energética_Brasil 3. Recursos Energéticos_Brasil. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/PDE%202030_RevisaoPosCP_rv2.pdf> Acesso em: 27 ago. 2024.

[3] AMARAL, Bianca Mesquita. Modelos VARX para Geração de Cenários de Vento e Vazão Aplicados à Comercialização de Energia. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/19308/19308_3.PDF>. Acesso em: 26 ago. 2024.

[4] BIANCHIN, L. S.; BECK, D.; SEIDEL, D. J. Influência do número de pás no torque estático da turbina eólica Savonius. Revista Thema, Pelotas, v. 19, n. 2, p. 192–200, 2021. DOI: 10.15536/thema.V19.2021.192-200.1445. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/1445>. Acesso em: 26 ago. 2024.

[5] BIANCHIN, L. S.; BECK, D.; SEIDEL, D. J. Influência do número de estágios no torque estático da turbina eólica Savonius. Revista Thema, Pelotas, v. 17, n. 2, p. 309–317, 2020. DOI: 10.15536/thema.V17.2020.309-317.1390. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/1390>. Acesso em: 26 ago. 2024.