

DIMENSIONAMENTO DO ROTOR DE UMA TURBINA HIDROcinÉTICA PARA CONDUTOS FORÇADOS - APLICADA EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POR GRAVIDADE

Leirisson Patrick Santos¹, Afonso Gabriel Ferreira Júnior¹, Rodrigo Otavio Serrano Perea²,
Ana Letícia Pilz de Castro³ e Edna Maria de Faria Viana^{4,5}

¹Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica da UFMG – Brasil.

²Universidade Federal do Acre – UFAC – Brasil.

³Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP – Brasil.

⁴Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG – Brasil.

⁵Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos UFMG – Brasil.

Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha – Belo Horizonte – MG, Brasil – Tel/Fax: (31) 3409-4925

E-mail: patricksantos@gmail.com, afonsogj@yahoo.com.br, ropereas@gmail.com,

analeticiapilz@hotmail.com, ednamariafaria@bol.com.br

Resumo

Estações de suprimento de água, são suscetíveis a melhorias quanto à eficiência energética se associados com sistemas de aproveitamento da energia hidráulica. Para a captação de água, utiliza-se como vantagem em alguns casos, altos gradientes topográficos para transportar esse fluido por efeito da gravidade, sendo necessário a instalação de válvulas para reduzir a pressão em excesso. Surge assim a oportunidade da aplicação de turbinas hidrocinéticas nesses casos, as quais tem como princípio de funcionamento a conversão da energia cinética do fluido em energia mecânica e consequentemente elétrica, aumentando desse modo a eficiência energética e reduzindo a dependência externa de eletricidade. Portanto esse trabalho desenvolveu o projeto de um rotor de turbina hidrocinética a ser alocado no interior de condutos forçados, contribuindo para a redução da pressão quando necessário e gerando eletricidade concomitantemente. O dimensionamento foi feito para uma turbina de pequena escala com o intuito de realizar testes experimentais futuros, consistindo na análise de três perfis simétricos NACA, forças aerodinâmicas atuantes e razão de solidez para determinação da quantidade de pás. Com os cálculos e observações realizadas, optou-se por um rotor com 4 pás e perfil aerodinâmico NACA 0015.

Palavras chave: Turbina hidrocinética, condutos forçados, eficiência energética.

Introdução

Sistemas de abastecimento de água, podem explorar esse recurso de diversas maneiras como exemplo pelo princípio da gravidade aproveitando gradientes topográficos, que pode ser efetivada mediante canais abertos ou tubulações (Vilanova & Balestieri, 2014).

Para elevados gradientes topográficos, são utilizados condutos forçados para o transporte da água, os quais são submetidos à altas pressões devido ao desnível existente, sendo necessário a instalação de válvulas de controle de pressão que funcionam por dissipação de energia (Vilanova & Balestieri, 2014). No entanto esses dispositivos podem ser substituídos por turbinas hidrocinéticas que desempenham a mesma função com o princípio de funcionamento de conversão de energia.

Um sistema de conversão de energia hidrocinética, é composto basicamente por 5 elementos, sendo eles o rotor, gerador, estrutura de suporte e sistemas de controle e conversão. Os princípios físicos que atuam no rotor são análogos aos que ocorrem em uma turbina eólica, diferindo com relação à densidade do fluido que favorece a eficiência em turbinas hidrocinéticas (Kumar & Sarkar, 2016).

As turbinas eólicas em sua maioria baseiam-se no princípio de

funcionamento de forças de sustentação atuantes no rotor, apresentando uma grande quantidade de referencial teórico e sendo foco, portanto, de diversos estudos que promovem a melhoria da sua eficiência, como é o caso dos modelos Darrieus e Gorlov (Hansen, 2008)

Observando uma oportunidade de incremento na eficiência energética de sistemas de abastecimento de água, neste trabalho será desenvolvido o projeto de um novo rotor hidrocinético para condutos forçados, agregando características e utilizando o referencial teórico das duas turbinas eólicas citadas previamente.

Metodologia

A potência disponível por um fluido em escoamento pode ser descrita pela Equação 1, da qual nota-se que é diretamente proporcional à área de seção transversal pela qual o fluido percorre e ao cubo da velocidade média (SILVA, 2014).

$$P_{liq} = \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad [1]$$

A Figura 1 representa, portanto, a potência hidráulica disponível por um escoamento em um conduto forçado em função da vazão e diâmetro da tubulação, com os limites inferior e superior de velocidade correspondentes à 1,5 e 4 m/s respectivamente.

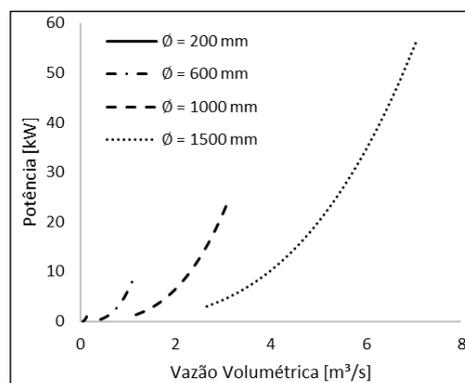


Figura 1.- Potência hidráulica em função da vazão volumétrica e diâmetro interno do conduto forçado.

Embora observa-se que potências mais expressivas ocorrem conforme o aumento da vazão e do diâmetro da tubulação, o presente projeto tem a finalidade de fornecer base para a construção de um modelo em escala reduzida, podendo-se assim aplicar relações de semelhança para prever o comportamento dos fenômenos físicos em escalas distintas. Portanto os pré-requisitos do projeto são uma tubulação com diâmetro nominal

de 5" Sch 40 com uma velocidade do escoamento de 2,1 m/s.

A metodologia consiste em:

- Analisar três perfis aerodinâmicos simétricos, sendo eles NACA0012, NACA0015, NACA0018 para posterior seleção.
- Desenvolver uma equação que expressa a solidez do rotor projetado, sendo essa variável a razão entre o espaço varrido pelo rotor preenchido por material sólido e o espaço ocupado por fluido, proporcionando dados para a escolha da quantidade de pás.

Resultados e discussão

Para o desenvolvimento do projeto em questão, os perfis NACA0012, 0015 e 0018 foram analisados aerodinamicamente, por serem frequentemente utilizados em estudos relacionados aos rotores Darrieus e Gorlov, como os desenvolvidos por Passos (1984), Beri e Yao (2011) e Demircan (2014) [8].

A efeito de análises aerodinâmicas, foi adotado um número de Reynolds equivalente a 350.000. A Figura 2 representa nos quadros A e B a comparação entre os coeficientes das forças aerodinâmicas atuantes em cada perfil em função do ângulo de ataque (α), e a eficiência aerodinâmica de cada perfil em C e D.

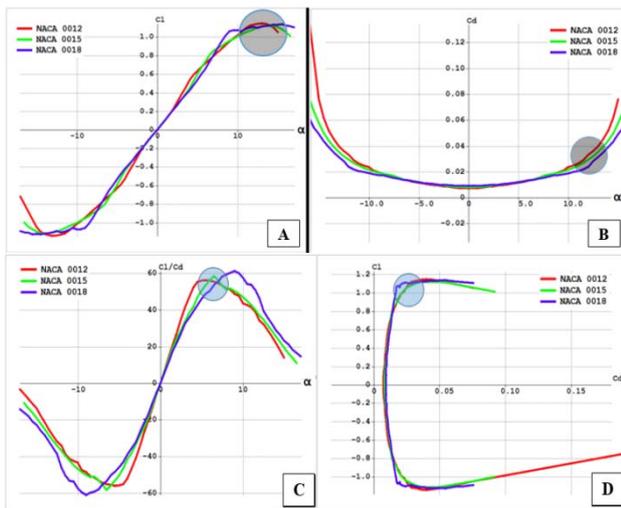


Figura 2.- Curvas características dos perfis aerodinâmicos observados.

O ângulo de ataque de cada pá do rotor, altera de acordo com a posição azimutal (θ) durante a sua rotação, sendo assim uma análise mais detalhada da dinâmica do rotor em movimento será realizada para correlacionar corretamente como as forças aerodinâmicas atuaram durante o seu funcionamento, possibilitando a seleção do perfil mais adequado de acordo com a Figura 2.

De acordo com Twidell e Weir (2006), um rotor com solidez maior que 0,3 tem mais facilidade para iniciar seu movimento de rotação com a passagem de um fluido, no entanto irá operar com baixa velocidade angular, enquanto que um rotor com baixa solidez, inferior a 0,15, apesar da sua dificuldade em relação ao auto arranque, pode operar com velocidade angular mais elevada. Sendo assim, o desenvolvimento da equação da razão de solidez para o rotor projetado será correlacionado com tais parâmetros a fim de determinar a quantidade de pás no rotor.

Conclusões

A substituição de válvulas de controle de pressão em condutos forçados presentes em sistemas de abastecimento de água, por turbinas hidrocínéticas que desempenham a mesma função é uma excelente alternativa que aumenta a eficiência energética desses sistemas. Portanto a fundamentação teórica existente para turbinas eólicas do tipo Darrieus e Gorlov apresenta-se útil para a elaboração do projeto de um rotor hidrocínético para condutos forçados com características mistas entre esses modelos, tendo em vista que a única variável divergente é a densidade do fluido.

A análise dos coeficientes aerodinâmicos atuantes em cada perfil é fundamental na etapa de projeto, no entanto, para a sua seleção, a dinâmica do rotor deve ser estudada com mais intensidade a fim de determinar o comportamento do ângulo de ataque em cada ponto durante uma rotação, etapa essa que ainda será desenvolvida, assim como a determinação da quantidade de pás.

Agradecimentos

Os autores manifestam seus agradecimentos à UFMG, à ANEEL, à CEMIG, à ELETROBRAS-FURNAS, à FAPEMIG, ao CNPq e à CAPES pelo suporte financeiro para a realização desse trabalho.

Referências bibliográficas

- Beri, H., & Yao, Y. (11 de Maio de 2011). *Double Multiple Stream Tube Model and Numerical Analysis of Vertical Axis Wind Turbine*. Energy and Power Engineering, pp. 262-270.
- Demircan, E. (2014). *Design and Analysis of a Vertical Axis Water Turbine for River Applications Using Computational Fluid Dynamics*. MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY.
- Hansen, M. O. (2008). *Aerodynamics of Wind Turbines*. Earthscan.
- Kumar, D., & Sarkar, S. (14 de Janeiro de 2016). *A review on the technology, performance, design optimization, reliability, techno-economics and environmental impacts, of hydrokinetic energy conversion systems*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, pp. 796-813.
- Passos, J. C. (1984). *Rotor eólico Darrieus: um estudo experimental*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ.
- Silva, P. A. (2014). *ESTUDO NUMÉRICO DE TURBINAS HIDRO-CINÉTICAS DE EIXO HORIZONTAL*. Brasília: Universidade de Brasília.
- Twidell, J., & Weir, T. (2006). *Renewable Energy Resources*. Taylor & Francis Group.
- Vilanova, M. R., & Balestieri, J. (10 de Maio de 2014). *Hydropower recovery in water supply systems: Models and case study*. Energy Conversion and Management, pp. 414-426.