

**ESTUDO DO MODELO DE UMA TURBINA HIDRÁULICA TIPO WELLS COM
DISTRIBUIDOR DE ÂNGULO VARIÁVEL PARA APLICAÇÃO EM CENTRAIS
HIDRELÉTRICAS DE QUEDA ULTRA-BAIXA.**

Almir Luiz Rodrigues
Universidade Federal de Itajubá.
almir.23@gmail.com

Antonio Carlos Barkett Botan
Universidade Federal de Itajubá.
acbotan@yahoo.com.br

RESUMO:

Estudos sobre novas formas de energia renovável estão sendo realizados em diversas partes do mundo, devido ao aumento da demanda energética causada pelo aumento da população mundial. Novos métodos de geração e novas tecnologias estão sendo desenvolvidas e aprimoradas para aumentar a eficiência nesse tipo de geração energética. Uma alternativa de geração de energia ainda pouco explorada é a energia oceânica, principalmente a energia gerada pela variação das marés, ou energia maremotriz. Turbinas de fluxo reversível do tipo Wells são normalmente utilizadas na geração de energia em Usinas de Coluna de Água Oscilante - CAO, porém não interagem diretamente com a água, mas sim com o movimento do ar gerado pela variação das ondas. Este estudo consiste em dimensionar e analisar os resultados obtidos em ensaios de bancada de um modelo de distribuidor dimensionado para uma turbina Wells operando com água.

PALAVRAS CHAVE: Distribuidor, turbina Wells, energia maremotriz.

**STUDY OF A MODEL WELLS HYDRAULIC TURBINE WITH GUIDE VANE
WITH VARIABLE ANGLE FOR APPLICATION IN ULTRA-LOW FALL
HYDROELECTRIC POWERPLANT.**

Almir Luiz Rodrigues
Federal University of Itajuba.
almir.23@gmail.com

Antonio Carlos Barkett Botan
Federal University of Itajuba.
acbotan@yahoo.com.br

ABSTRACT:

Studies on new forms of renewable energy are being carried out in various parts of the world, due to the increase in energy demand caused by the increase in world population. New generation methods and new technologies are being developed and improved to increase efficiency in this type of energy generation. An alternative energy source that is still little explored is the ocean energy, mainly the energy generated by the variation of the tides, or tidal energy. Wells type reversible flow turbines are commonly used in power generation in Oscillating Water Column (CAO) powerplants, but do not interact directly with water, but rather with the movement of air generated by wave variation. This study consists of dimensioning and analyzing the results obtained in bench tests of a guide vane model sized for a Wells turbine operating with water.

KEY WORDS: Guide vane, Wells turbine, tidal power.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Energia Maremotriz

A utilização de fontes de energia renovável vem crescendo rapidamente desde o final dos anos 2000. Pesquisadores vêm realizando estudos de novas tecnologias para a geração deste tipo de energia de maneira mais eficiente. A utilização de fontes como a eólica e solar ganharam força devido ao baixo custo de produção das tecnologias e devido as políticas climáticas que incentivaram países como os Estados Unidos, China, Japão entre outros a investirem nesse estudo. (REN21, 2018).

A energia elétrica gerada pelos oceanos pode ser obtida a partir da energia cinética produzida pelo movimento das águas ou pela energia maremotriz, que é derivada da diferença do nível do mar entre as marés alta e baixa. Segundo Leite Neto *et al* (2011) estima-se que o potencial energético global das marés é de 1.000 TWh/ano. Os principais locais para aproveitamento das marés são Argentina, Austrália, Canadá, Índia, Coreia do Sul, México, Reino Unido, Estados Unidos e Rússia. Entre os países com projetos piloto para aproveitamento das marés ou das ondas estão Estados Unidos, Canadá, França e Rússia.

Algumas usinas que utilizam a energia das marés para geração de energia já estão em funcionamento, como por exemplo a Sihwa Lake Power Station (254MW - Coreia do Sul); Usina Maremotriz de Rance (240 MW – França); Annapolis Royal Tidal Power Plant (20 MW – Canadá).

1.2. Turbina de Fluxo Reversível do Tipo Wells

Projetada por Alan Artur Wells na década de 1970, a turbina possui pás com perfil simétrico NACA 00xx posicionado a 90° ao eixo do rotor no plano de rotação normal ao fluxo incidente, que tem seu sentido de giro em uma só direção, independente do sentido do fluxo (RAGHUNATHAN, 1995). Esta turbina é largamente utilizada em centrais de Coluna de Água Oscilante – CAO.

Kim *et al* (2002) propôs uma turbina Wells com pás autocontroladas de acordo com as condições reais de operação no mar para se obter o melhor ângulo de funcionamento. Ele utilizou a turbina com perfil NACA0021 e a configuração do ângulo de variação (γ) entre 0 e 12° . A eficiência máxima alcançada foi de, aproximadamente, 45%.

Setoguchi *et al* (2001) estudou a performance de uma turbina Wells utilizando várias geometrias de distribuidor. Os resultados atingidos foram de, aproximadamente, 50% com o distribuidor posicionado a montante e a jusante

2. MATERIAL E MÉTODOS

A turbina de fluxo reversível do tipo Wells estudada foi projetada por Botan (2014) e possui diâmetro externo de 0,188m e diâmetro interno de 0,112m; é composta por 6 pás com perfil NACA 0015 e um ângulo de inclinação de 13° (Figura 1(a)).

O distribuidor (Figura 1(b)) possui 10 pás com ângulo de entrada constante de 90° e ângulo de saída variável (Figura 2).

Turbinas do tipo Wells operam utilizando o ar como fluido de trabalho, porém, neste estudo, o fluido de trabalho utilizado foi a água.

A bancada para a realização dos ensaios da turbina (Figura 3) está localizada no Laboratório Hidromecânico de Pequenas Centrais Hidrelétricas (LHPCH) da UNIFEI. É constituído por uma tubulação de aço de diâmetro de 8" Schedule 40, com 219,08 mm de diâmetro externo e parede de 8,18 mm. A vazão é fornecida por um conjunto eletro-bomba de 30 kW com variação de velocidade obtidas utilizando um acoplamento hidrocínético. O sistema pode obter vazões de até 140 l/s e quedas de 30 m.c.a.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos são apresentados na Figura 4 onde a eficiência máxima obtida foi de, aproximadamente, 62,49 % para uma vazão de 0,01749 m³/s com uma rotação de 400 rpm (BOTAN, 2014). Já a curva de eficiência obtida para os ensaios da turbina com distribuidor são apresentados na Figura 5, onde a eficiência máxima obtida foi de 74,82% para uma rotação de 800 rpm e uma vazão de 0,03382 m³/s.

A Figura 6 apresenta a comparação dos resultados obtidos nos ensaios do rotor nas duas situações: sem e com distribuidor. A área demarcada refere-se ao ganho de rendimento obtido no rotor com o distribuidor, aumentando a faixa de operações da turbina e possibilitando sua utilização em mais situações onde a vazão é maior.

4. CONCLUSÃO

Os ensaios mostraram que a atuação do distribuidor na turbina é eficiente, aumentando o rendimento máximo do sistema, de 62,49% (com rotação de 400 rpm) para 74,82% (com rotação de 800 rpm), porém houve um acréscimo significativo na faixa de operação do sistema. Esse aumento da faixa de operação, além de aumentar as possibilidades de uso da turbina, necessitam de um sistema elétrico, no caso específico o gerador, por exemplo, menos robusto, com menor número de par de polos e, conseqüentemente, com menor custo.

Ao analisar os resultados obtidos nos ensaios de bancada da turbina sem e com distribuidor, observa-se que a curva de comportamento da turbina com distribuidor é mais ampla que do que o rotor operando sem o distribuidor. Isto resulta em melhor comportamento da turbina face às variações da queda, como é caso das centrais maremotrizes.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Energias Oceânicas e Fluviais – INEOF e CNPq pelo apoio financeiro durante o desenvolvimento do projeto.

6. REFERÊNCIAS

BOTAN, A. C. B. “Desenvolvimento de uma turbina de fluxo reversível para uso em usina maremotriz com operação em duplo efeito”. Tese de Mestrado em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia da Universidade Federal de Itajubá, Itajubá-MG, 2014.

KIM, T. H., SETOGUCHI, T., TAKAO, M., KANEKO, K., SANTHAKUMAR, S. “Study of turbine with self-pitch-controlled blades for wave energy conversion.”. *International Journal of Thermal Sciences*, vol 41, pp. 101-107. 2002.

LEITE NETO, P. B., SAAVEDRA, O. R., CAMELO, N. J., RIBEIRO, L. S. A., FERREIRA, R. M. “Exploração de energia maremotriz para geração de eletricidade: aspectos básicos e principais tendências.”. *Revista Chilena de Ingeniería*, vol 19, n. 2, pp. 219-232. 2011.

RAGHUNATHAN, S. “The Wells Air Turbine for Wave Energy Conversion”. *Progress in Aerospace Sciences.*, Vol. 31.pp. 335-386. 1995.

REN21 - Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, “Renewables 2018 Global Status Report”. 2018. Disponível em <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_final_.pdf>. Acesso em 30 de julho de 2018.

SETOGUCHI, T., SANTHAKUMAR, S., TAKAO, M., KIM, T. H., KANEKO, K. “Effect of guide vane shape on the performance of a Wells turbine”. *Renewable Energy*, vol. 23, pp. 1-15. 2001.

7. FIGURAS

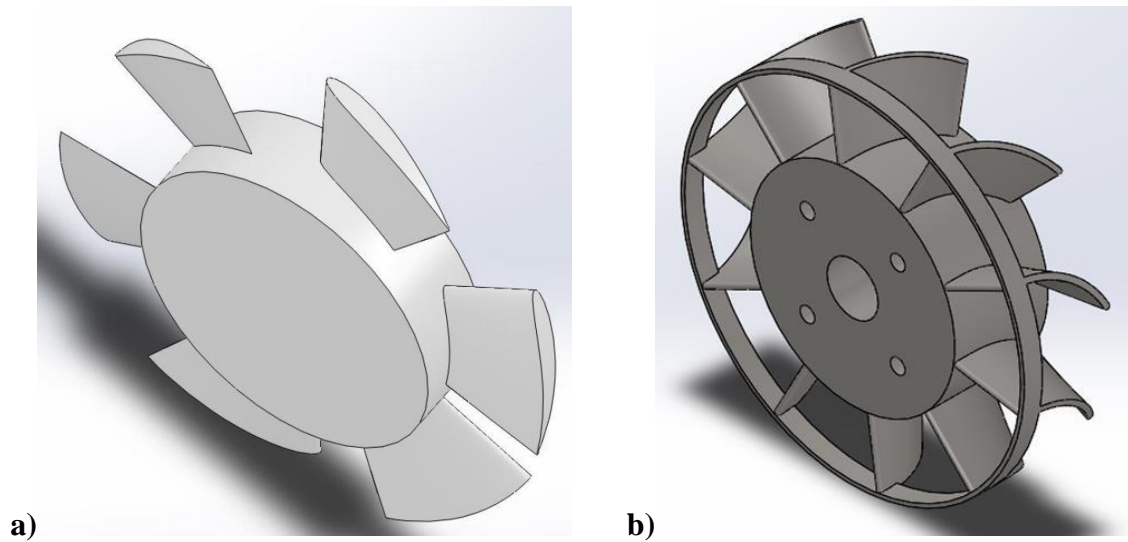


Figura 1 – Rotor (a) e distribuidor (b).

Figure 1 – Runner (a) and Guide Vane (b).

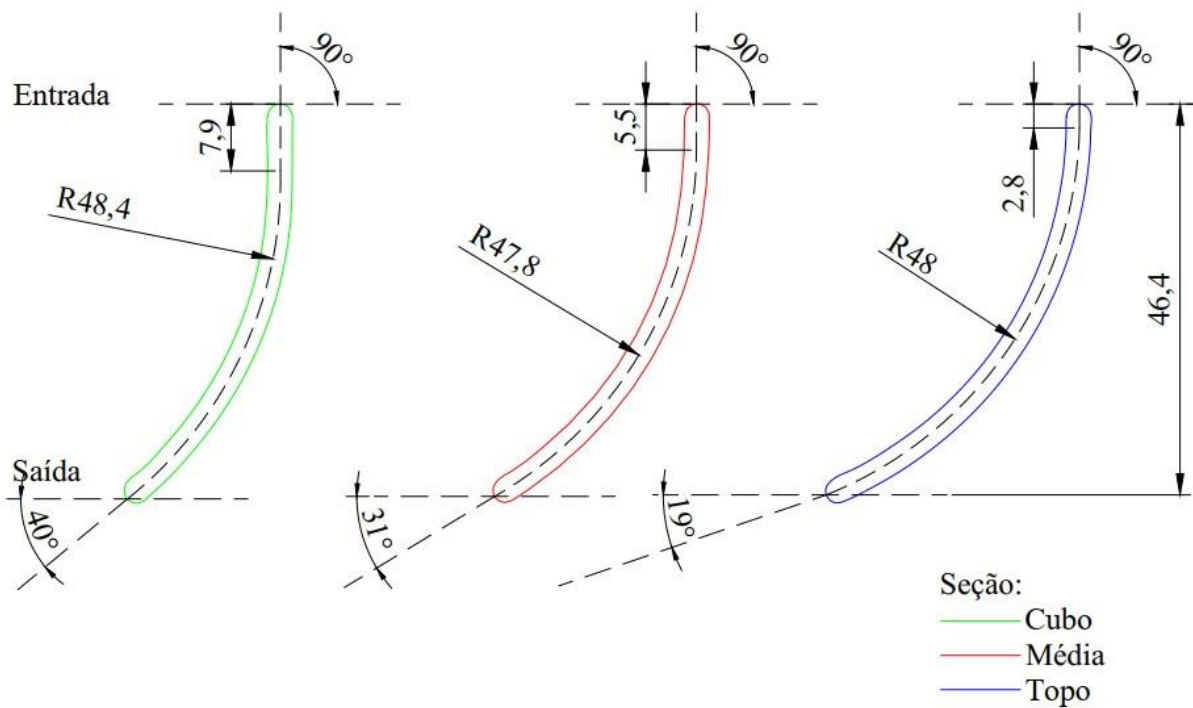


Figura 2 – Dimensões da pá do distribuidor, em milímetros, e ângulos de entrada e saída de cada seção.

Figure 2 – Guide vane blade dimensions, in millimeters, and input and output angles of each section.

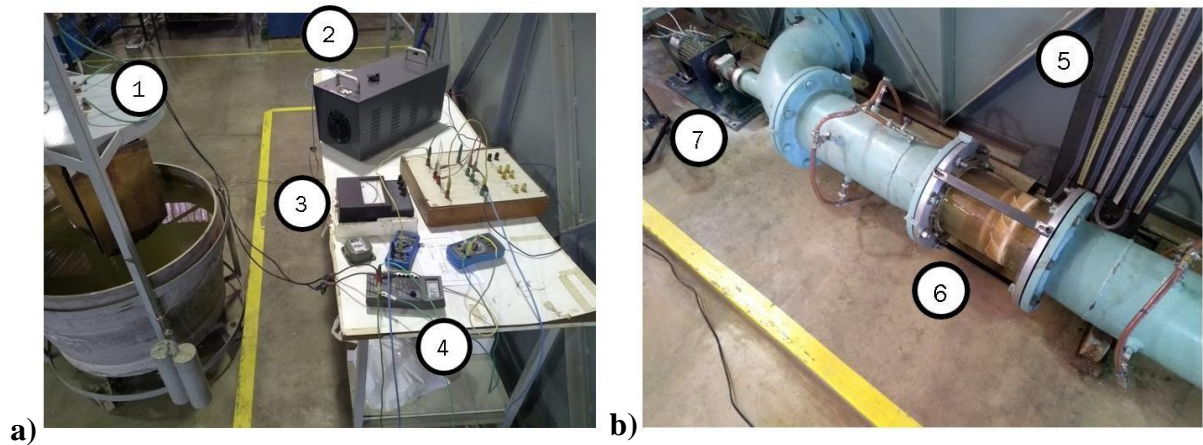


Figura 3 – Bancada de ensaio: 1- Reostato líquido; 2- Varivolt; 3- Amperímetro; 4- Multímetro; 5- Manômetro de coluna de mercúrio; 6- Rotor e distribuidor e 7- Motor elétrico.

Figure 3 - Test bench: 1- Liquid rheostat; 2- Varivolt; 3- Ammeter; 4- Multimeter; 5- Mercury column manometer; 6- Runner and Guide Vane and 7- Electric motor.

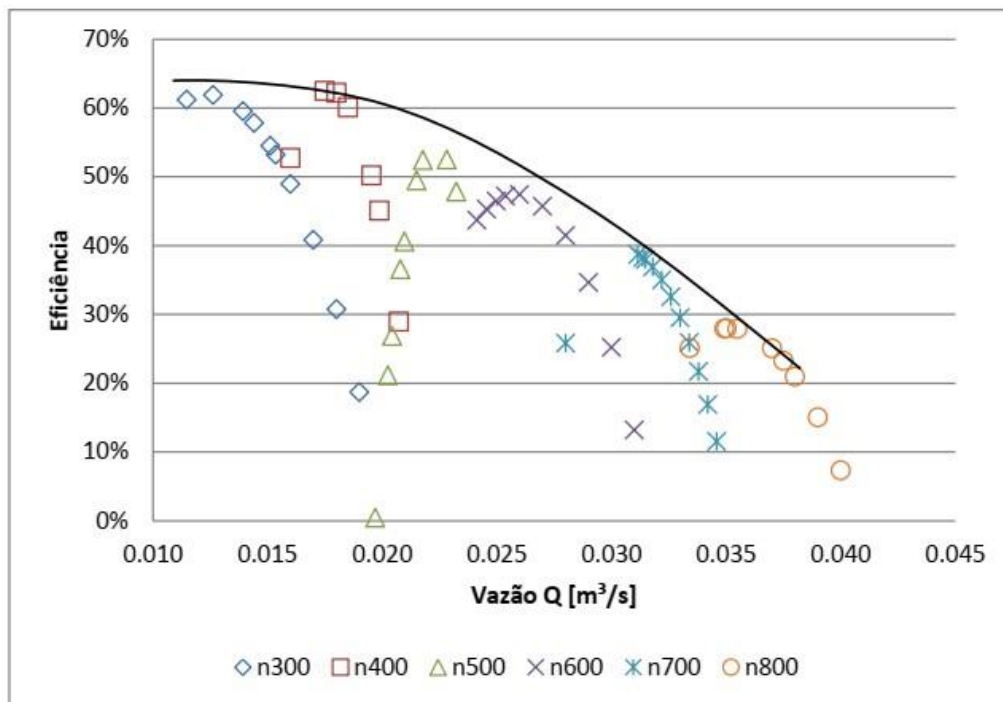


Figura 4 - Curvas de eficiência da turbina sem distribuidor. Fonte: BOTAN (2014)

Figure 4 - Turbine Efficiency Curves without Guide Vane. Source: BOTAN (2014)

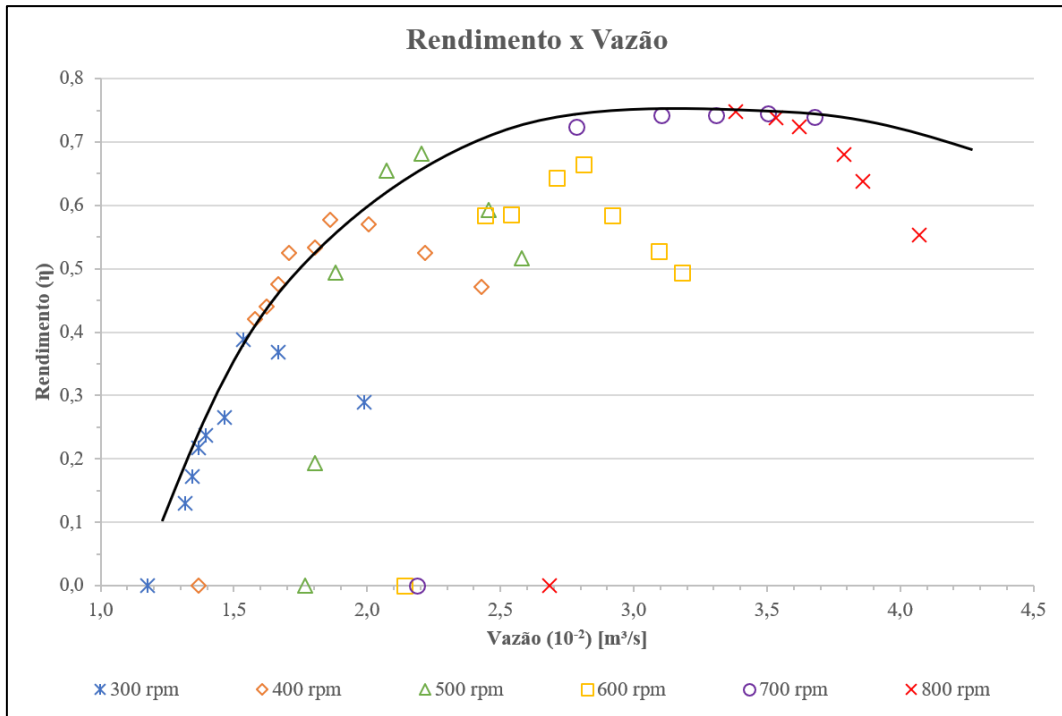


Figura 5 - Curvas de eficiência da turbina com distribuidor.

Figure 5 - Turbine Efficiency Curves with Guide Vane.

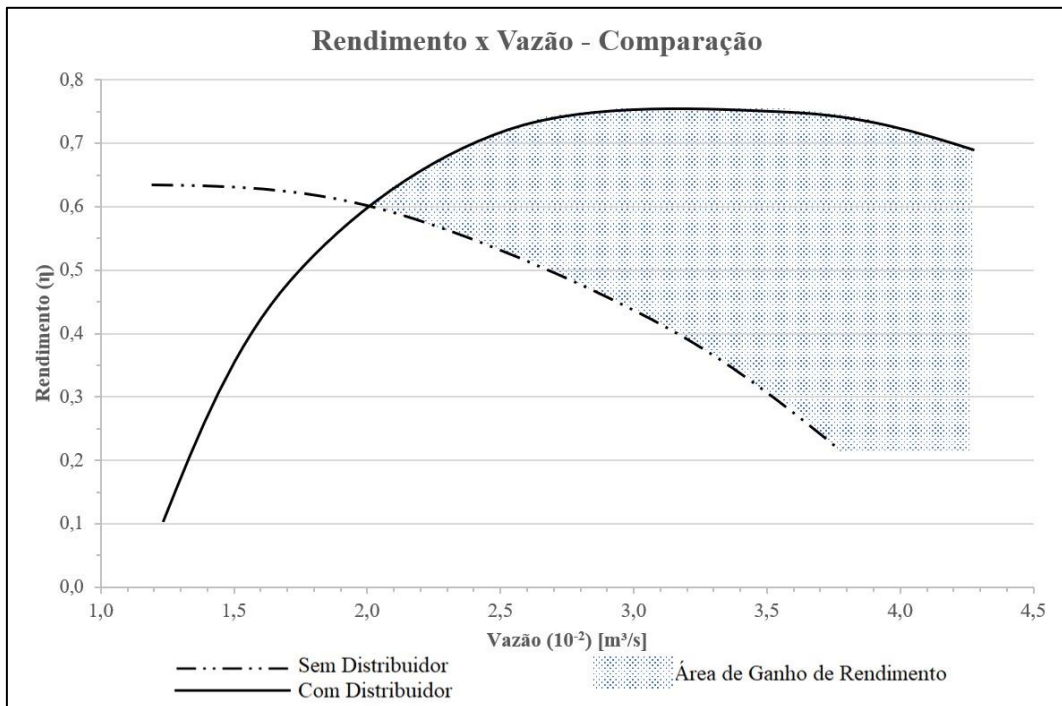


Figura 6 – Comparação dos resultados da turbina sem e com distribuidor.

Figure 6 - Comparison of turbine results with and without guide vane.