

**Aplicação da turbina pelton como opção sustentável em regiões rurais****Pelton turbine application as sustainable option in rural regions**

DOI:10.34117/bjdv5n11-347

Recebimento dos originais: 07/10/2019

Aceitação para publicação: 28/11/2019

**Gabriel Gonçalves Pessoa De Castro**

Doutor em Engenharia Metalúrgica – Universidade Federal Fluminense (UFF).

Endereço: R. Doze - Vila Santa Cecília, Volta Redonda - RJ, 27255-125.

E-mail: gabriel.pessoa@aedb.br

**Carlos Henrique De Sousa**

Bacharel em engenharia de produção pela Associação Educacional Dom Bosco – Escola de Engenharia de Resende (AEDB-FER).

Endereço: Av. Cel. Prof. Antônio Esteves, 1 - Campo de Aviação, Resende - RJ, 27523-000.

E-mail: carlos\_henrique\_sj@hotmail.com;

**Renata Lima Duarte Moreira**

Bacharel em engenharia de produção pela Associação Educacional Dom Bosco – Escola de Engenharia de Resende (AEDB-FER).

Endereço: Av. Cel. Prof. Antônio Esteves, 1 - Campo de Aviação, Resende - RJ, 27523-000.

E-mail: moreira.renatalimaduarte@gmail.com;

**Juan Alan Sousa**

Graduando em Engenharia Mecânica pela Associação Educacional Dom Bosco – Escola de Engenharia de Resende (AEDB-FER).

Endereço: Av. Cel. Prof. Antônio Esteves, 1 - Campo de Aviação, Resende - RJ, 27523-000.

E-mail: juanalan@bol.com.br;

**João Augusto da Motta Soares**

graduando em Engenharia Mecânica pela Associação Educacional Dom Bosco – Escola de Engenharia de Resende (AEDB-FER).

Endereço: Av. Cel. Prof. Antônio Esteves, 1 - Campo de Aviação, Resende - RJ, 27523-000.

E-mail: joao.motta@aedb.br.

**RESUMO**

A proposta em questão a ser apresentada nesse trabalho é um embasamento teórico do conceito de Turbina Pelton, detalhando o seu princípio de funcionamento, além de revelar sua importância na sociedade e as possibilidades de utilização em determinadas localidades. Esse maquinário é uma das alternativas de configuração para produção de energia elétrica, transferindo sua rotação para os geradores acoplados. O recurso estudado pode ser empregado em regiões carentes e de escassez de energia elétrica, ou como uma alternativa de economizar energia, havendo condições suficientes para instalação. Antes de aprofundar nos cálculos e simulações para o projeto de uma determinada máquina, é de extrema importância o conhecimento panorâmico do funcionamento e as características técnicas da mesma, por parte do engenheiro ou projetista. Contudo, é muito bem aceita a divulgação de um modelo de conceituação do maquinário, criando oportunidades de absorção de conhecimento

para interessados a entender sobre esse assunto e, principalmente, diversos estudantes de engenharia, contribuindo para o ensino de qualidade resultando em profissionais capacitados a proporcionar qualidade de vida com segurança para a sociedade brasileira.

**Palavras chave:** turbomáquinas, gestão energética, engenharia mecânica

## ABSTRACT

The proposal in question to be presented in this work is a theoretical basis of the concept of Pelton Turbine, detailing its working principle, besides revealing its importance in society and the possibilities of use in certain locations. This machinery is one of the configuration alternatives for power generation, transferring its rotation to the coupled generators. The studied resource can be used in needy and shortage regions, or as an alternative to save energy, with sufficient conditions for installation. Before deeper into the calculations and sizing for the design of a particular machine, it is of utmost importance the panoramic knowledge of operation and the technical characteristics, by the engineer or designer. However, it is very well accepted the dissemination of a conceptualization model of machinery, creating opportunities for knowledge absorption for stakeholders to understand about this subject and, mainly, several engineering students, contributing to quality education resulting in professionals able to provide safe quality life for Brazilian society.

**Keywords:** turbomachines, energetic management, mechanical engineering.

## 1 INTRODUÇÃO

A mudança é algo desejável, mas torna-se preocupante quando se transforma em deterioração do mundo e da qualidade de vida de grande parte da humanidade, diz Papa Francisco em sua Encíclica *Laudato Sí*, (2015). (PASQUALOTTO E BUBLITZ, 2017)

Segundo Lima, Monteiro e Domingos (2018) mesmo com o avanço das tecnologias e com o apoio de programas sociais como o Luz para Todos, muitos cidadãos do Brasil ainda não têm acesso à energia elétrica, essa parcela da população, principalmente moradores de regiões rurais, onde ainda não existe estrutura física para a chegada da rede elétrica.

No setor rural, as organizações tendem a se tornar mais competitivas à medida que incorporam tecnologia em seus processos de produção e comercialização de produtos. Entretanto, a incorporação de tecnologia deve ser realizada com cuidado, em função da realidade do produtor, dos custos de implantação e manutenção, e dos mercados em que a propriedade está inserida (MACHADO E NANTES, 2011)

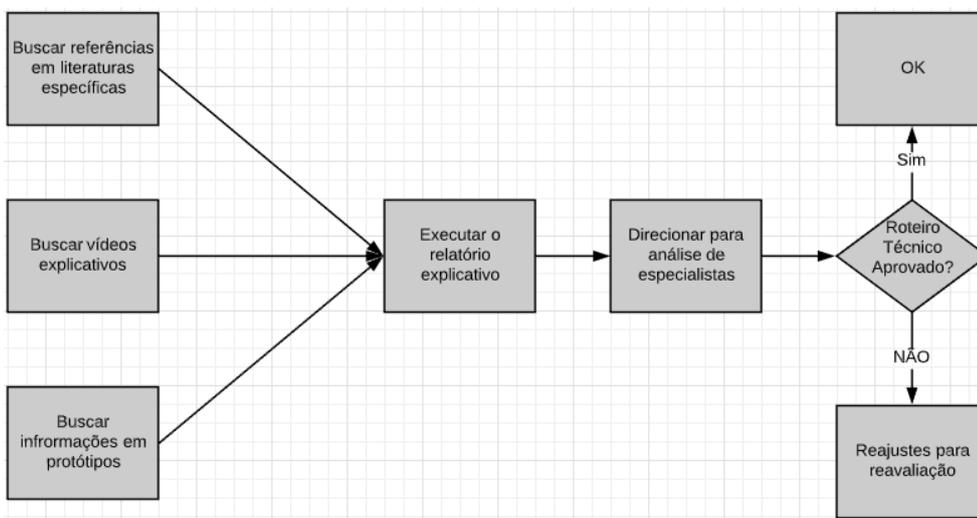
Entretanto, o mercado empregador brasileiro impõe uma formação técnico-científica baseada em uma visão ética e humanística para o engenheiro, que possibilite entender e desenvolver novas tecnologias, adquirir senso crítico e criativo, além de identificar e resolver problemas e demandas da sociedade. (MOLISANI, 2017)

Sendo assim, o presente trabalho explora uma abordagem detalhada dos componentes, do funcionamento e das particularidades de uma turbina hidráulica, mais especificamente uma turbina tipo Pelton, instrumento que pode ser adaptado em zonas rurais para geração de energia elétrica, com

o objetivo de expandir o conhecimento desse tipo de máquina de fluxo para auxiliar estudantes de engenharia, profissionais da área e, conseqüentemente, contribuir para evolução da educação acadêmica brasileira.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo será apresentada a metodologia empregada para confecção da descrição técnica da turbomáquina. O fluxograma a seguir, esquematizado na Figura 1, descreve detalhadamente pode ser utilizado para essa finalidade, a fim de orientar qualquer acadêmico de engenharia a contribuir com uma relatório técnico genérico de uma máquina ou dispositivo de forma direta, facilitando o entendimento que algumas vezes tem um certo grau de complexidade em literaturas voltadas para o assunto. O termo genérico é utilizado no sentido de que alguns componentes ou particularidades de funcionamento podem variar de acordo com o fabricante de determinada máquina, então baseia-se em um modelo generalizado do objeto de análise, a Figura 1 apresenta o Fluxograma com as etapas para atingir um relatório coerente.



**Figura 1:** Fluxograma com as etapas para atingir um relatório coerente.

**Fonte:** O próprio autor

Para desenvolver esse relatório técnico de funcionamento, usufruiu-se apenas de referências bibliográficas e alguns vídeos explicativos. Não foi necessário recorrer a protótipo, pois a configuração de uma turbina Pelton é menos complexa comparada a uma configuração tipo Francis, por exemplo, onde o sistema de regulação de vazão e pressão de água para a entrada no rotor exige uma análise bem mais detalhada. A Faculdade de Engenharia de Resende disponibiliza bancadas de ensaio no laboratório de Mecânica dos Fluidos, dentre elas a bancada mista Pelton/Francis (Figura

2). Nela, além dos experimentos de desempenho, há a possibilidade de desmontar o maquinário didático para análises mais detalhadas de componentes.



**Figura 2:** Bancada de ensaios Pelton/Francis do laboratório da FER

**Fonte:** O próprio autor

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os usos das diversas fontes de energia passaram a ser um norte quando se fala sobre as mudanças climáticas, impactos decorrentes da poluição nos diferentes níveis desde o local ao global e mudanças de estilo de vida da sociedade moderna. (COLLAÇO E BERMANN, 2017)

Assim como regiões rurais com escassez de energia elétrica, o avanço tecnológico desenfreado demanda cada vez mais de energia elétrica, com recursos eletrônicos dominando todos os setores. A tendência é que a 4ª Revolução Industrial, que já vem consolidando seu conceito em toda a cadeia produtiva, estimule continuamente a produção de energia para suprir seus sistemas virtuais. Conforme citado por Durão (2017), a integração de tecnologias modernas de Internet e tecnologias de manufatura, o que vem se denominando de Indústria 4.0, permite a produção distribuída usando manufatura aditiva em escala global com integração de máquinas e de processos.

Daí, a necessidade de estarmos sempre criando novas formas de obtenção de energia para aumentar a produção industrial e, conseqüentemente, aumentar a riqueza de um país. Logo, o crescimento industrial está fortemente ligado à maneira de conseguir energia limpa e barata. No Brasil, utiliza-se preferencialmente a energia oriunda das hidrelétricas, mas nem sempre estas podem gerar a demanda energética necessária para suprir todas as nossas carências. (SOUZA, 2015)

Delimitando para esse setor, o uso de turbinas é fundamental para a transformação da energia hidráulica em eletricidade. Esse tipo de fonte é considerada renovável mas costuma agredir o meio ambiente em aplicações de larga escala. Mas esse fator negativo é amenizado em pequenas instalações. Para instalar esse tipo de equipamento em fazendas e zonas rurais é primordial a

intervenção de um engenheiro que domine esse tipo de maquinário, colocando então seus parâmetros de projeto e propostas de política de manutenção.

Todo projeto tem um planejamento sequencial para controle que seu escopo seja atingida e na empregabilidade desse tipo de turbina não é diferente. Tanto faz se ela será fabricada do zero ou ocorrerá uma adaptação de componentes já fabricados, o sistema tem que funcionar perfeitamente e para isso a etapa de projeto nunca pode ser descartada.

Segundo Lukosevicius, Soares e Joia (2017), a complexidade dos projetos tem aumentado, impulsionando a demanda, no gerenciamento moderno de projetos, por novos conhecimentos, ferramentas, técnicas e modelos de trabalho. No entanto, a comunidade científica ainda busca uma definição para o constructo projeto complexo e os fatores que o caracterizam.

O primeiro passo para o desenvolvimento de um projeto de maquinário é conhecer as características funcionais do conceito de máquina que se deseja projetar. A partir disso, consegue-se esboçar, realizar cálculos e simulações, prototipagem para testes quando o caso e definir o relatório técnico final com os dados técnicos, e geometria final.

Além da definição do laudo técnico, é preciso definir a política de manutenção para o projeto. De acordo com Oliveira e Ferreira (2016), a confiabilidade de uma máquina ou equipamento é um assunto muito discutido indústrias, planos de manutenção de desempenho e ou qualidade são os métodos mais usuais.

Para descrever as características técnicas do objeto de estudo, adotou-se uma metodologia para que o entendimento seja claro e eficiente. Primeiramente, listou-se todos os componentes descrevendo as características funcionais para cada:

- Pás ou conchas, Roda e Rotor Pelton (Figura 3): As pás são responsáveis pela recepção do fluido com energia cinética, transformando em energia de pressão, proporcionando o torque de giro. A Roda Pelton é definida pela estrutura onde fixa-se as pás. Esses componentes integrados definem o rotor ;



**Figura 3:** Rotor Pelton

**Fonte:** Lisboa, Michels, Lermen e Kraulich (2014)

- Agulha e injetor (Figura 4): Elemento que regula a pressão de saída para as pás do rotor. Ela fica instalada dentro do injetor, e normalmente tem um acionamento de regulagem manual por haste. A estrutura do injetor conduz o fluido até o contato com as pás;



**Figura 4:** Agulha instalada no injetor

**Fonte:** Cardoso (2016)

- Defletor :Parte que intercepta o jato, desviando as pás, impedindo o golpe de aríete, oriundo de aumentos na vazão causados por oscilações bruscas na queda d'água;
- Carcaça (Figura 5): Componente de sustentação da turbina no eixo que a liga ao gerador, além de bloquear a água que choca nas pás e direcionando para o canal de retorno;



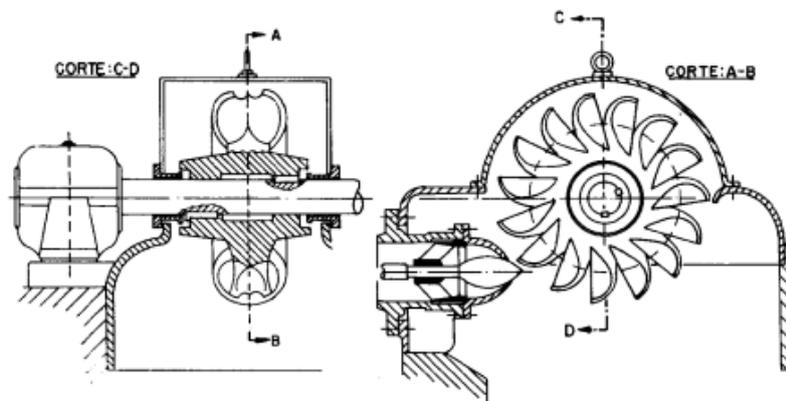
**Figura 5:** Carcaça aberta de Turbina Pelton

**Fonte:** Santander (2014)

- Eixo: Componente que sustenta a turbina e uma polia de transmissão;
- Rolamento: Fixado na carcaça, faz a sustentação do eixo com a turbina e a polia de transmissão;
- Polia de transmissão: Em um sistema convencional existem duas. Uma na extremidade de saída do eixo outra no gerador, para que seja feita a transmissão de potência;
- Correia: Transmite a potência de uma polia para outra;

- Gerador: É quem demanda a rotação produzida pela turbina, para converter em energia elétrica, com base em princípios físicos do eletromagnetismo. A partir da potência requerida por ele que se dimensiona todo o sistema.

Depois da apresentação dos componentes, descreveu-se todo o funcionamento da turbina e suas principais características técnicas. A Figura 6 mostra todo o esquema de instalação com os componentes posicionados.



**Figura 6:** Desenho técnico da arquitetura de instalação de uma Turbina Pelton

**Fonte:** Bran e Souza, 1969

A Turbina Pelton é classificada como uma máquina de fluxo motora, onde insere-se energia hidráulica ou térmica para que seja convertida em trabalho mecânico para o gerador que está na outra extremidade do eixo; de reação, na qual os jatos regulam a pressão quando o fluido entra em contato com as pás e; de fluxo tangencial, cujo fluxo de água escoo tangenciando o rotor.

O escoamento de água, proveniente da transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética, é direcionada até o bocal de entrada do injetor. No bocal de saída, há uma regulação por meio de uma agulha, em que seu bico tem uma determinada faixa de variação com a intervenção de uma válvula específica. Essa água que entra na turbina vem de uma queda d'água em grandes alturas e por isso, há riscos da água cair com vazão elevada. Para evitar danos oriundos desses imprevistos, o defletor faz a função de uma válvula de alívio que abre uma via quando há excesso de vazão em um determinado regime de rotação.

O número de jatos está em função da capacidade de transferência de potência para as pás de cada jato, e a quantidade de potência requerida pela turbina. Por questões cinemáticas, quando há mais de um jato instalado, o ideal é que mantenha uma certa distância entre estes.

Assim como todo sistema hidráulico ou pneumático, ocorrem perdas resultantes do atrito do fluido com superfícies das tubulações, nesse caso comumente metálicas. O projetista deve levar em

consideração todas as fontes de perda de energia fazendo um mapeamento de todo o sistema de alimentação, desde o topo da instalação até a entrega do fluido do bocal de saída até as pás. É impreterível selecionar materiais com alta resistência ao desgaste e à corrosão. Há também perdas de atrito no rolamento da turbina que não podem ser desconsideradas no projeto.

A água sai do injetor e entra em contato com as pás gerando o movimento rotacional do da turbina. Quando o rotor sai da inércia ele precisa de mais torque do que velocidade e de acordo com que a velocidade vai aumentando até alcançar a velocidade constante regulada, esse quadro tende a se inverter. O nível de rotação aumenta até alcançar o valor máximo para determinada regulagem do injetor (ou injetores) e mantém esse valor até uma solicitação de parada, quando um vedador de fluxo seja acionado, este que normalmente fica no nível mais baixo da tubulação que alimenta o sistema, antes da entrada do injetor.

A geometria das pás também influencia na eficiência da máquina. O componente geralmente é fundido em um perfil que se assemelha a duas pás colheres lado a lado. Essa característica foi definida experimentalmente e é utilizada em praticamente todos os modelos dessa turbina, por proporcionar alta eficiência com poucas perdas por atrito do fluido com a pá. O material da pá também interfere nessa eficiência, visto que cada material tem o seu coeficiente de atrito particular.

De acordo com Scheleski (2015), um dos grande desafio dos projetistas é escolher, entre os milhares de materiais existentes, o mais adequado para cada aplicação. As indústrias de máquinas e implementos agrícolas são diversas e abrangem diferentes tipos de produtos. Cada empresa, cada produto, possui suas particularidades, que geralmente acabam sendo decisivas para a escolha final do material e processo de fabricação.

Atualmente os aços inoxidáveis martensíticos tem sido utilizados para a fabricação de turbinas hidráulicas, devido principalmente a sua elevada tenacidade. Entretanto, estes aços apresentam algumas restrições com relação à regiões recuperadas por soldagem, principalmente em razão da formação de martensita não revenida, a qual gera redução na tenacidade. (GOUVEIA, PUKASIEWICZ, CAPRA, HENKE E OKIMOTO, 2013).

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Tendo em vista que a formação de engenharia no Brasil precisa de alguns ajustes, tendo destaque a conscientização dos profissionais de seu papel na sociedade, pode-se afirmar que o trabalho apresentou uma considerável contribuição. É preciso conhecer, primeiramente as características técnicas de determinado equipamento para então aplicar todo o aparato matemático, com equacionamentos específicos direcionados a determinados itens a serem projetados bem como modelos criados pelo próprio por meio de simulação e prototipagem para previsão da obtenção de

funcionamento em termos de desempenho, resistência proporcionando qualidade de vida para a sociedade.

### AGRADECIMENTOS

Agradecimento a Universidade Dom Bosco – Faculdade de Engenharia de Resende (AEDB-FER), pelo incentivo a pesquisa e apoio financeiro.

### REFERÊNCIAS

- BRAN, R.; SOUZA, Z. Máquinas de Fluxo: Turbinas, Bombas e Ventiladores. 1.ed. Ao Livro Técnico, 1969. 262p.
- CARDOSO, A. J. G. Caracterização metrológica de modelo de turbina Pelton para laboratório didático. 2016. 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, UFMG, Belo Horizonte.
- COLLAÇO, A. M. F; BERMANN, C. Perspectivas da Gestão de Energia em âmbito municipal no Brasil. Revista Estudos Avançados, v.31(89), p.213-235, 2017.
- COLLAÇO, A. M. F; BERMANN, C. Perspectivas da Gestão de Energia em âmbito municipal no Brasil. Revista Estudos Avançados, v.31(89), p.213-235, 2017.
- DURÃO, S. C. F. L. Industrie 4.0: Formação de Redes de Projeto em Manufatura Distribuída. Gestão da Produção, v.12(3), p.131-152, 2017.
- GOUVEIA, R. R. de; PUKASIEWICZ, M. G. A; CAPRA, R. A; HENKE, L. S; OKIMOTO, C.P. Efeito da temperatura interpasse na microestrutura, tenacidade ao impacto e propagação de trinca por fadiga de uniões soldadas por GTAW do aço ASTM A743-CA6NM. Soldagem & Inspeção, v. 18(2), p. 127-137 , 2013.
- LIMA, A. P; MONTEIRO, M. F. M; DOMINGOS, S. F. P. Viabilidade técnica de Sistemas Fotovoltaicos na zona rural do Cabo de Santo Agostinho e transformação social. Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade, v. 04, nº 03, set-dez, Art. 1082, 2018.
- LISBOA, P. C.; MICHELS, A.; LERMEN, T. R.; KRAULICH, V.C. Projeto e construção de uma bancada didática com turbina do tipo pelton para aplicação em ensino de engenharia. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharias, 42, 2014, Juiz de Fora.
- LUKOSEVICIUS, P. A; SOARES, C. A; JOIA, P. A. C. Caracterização da complexidade em projetos de engenharia. Gestão & Produção, v.18(3), p. 555-570, 2011.
- MACHADO, F. C. G. J; NANTES, D. F. J. Adoção da tecnologia da informação em organizações rurais: o caso da pecuária de corte. Gestão & Produção, v.37, p.17-23, 2015.

MOLISANI. Evolução do perfil didático-pedagógico do professor-engenheiro, *Educ. Pesqui.*, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 467-482, abr./jun., 2017.

OLIVEIRA, B. W; FERREIRA, R. A. Análise de Projetos Mecânico utilizando ferramenta de simulação CAE. *Revista de Micro e Pequenas Empresas e Empreendedorismo da Fatec*, ISSN-e 2446-8622, v.1, nº 1, p.19-32, 2016.

PASQUALOTTO, S. A; BUBLITZ, D. M. Desafios do presente e do futuro para as relações de consumo ante indústria 4.0 e a economia colaborativa. *Revista de Direito, Globalização e Responsabilidade nas Relações de Consumo*, v. 03, nº 2, p. 62 – 81, Jul/Dez. 2017.

SANTANDER, S.L.O. Montagem e instrumentação de uma bancada para turbina hidráulica. 2014. 110f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Mecatrônicos) – Departamento de Engenharia Mecânica, UnB, Brasília.

SCHELESKI, S. Seleção de Materiais no Projeto de Máquinas e Implementos Agrícolas. v.5(9), p.29-41, 2015.

SOUZA, C. M. Discorrendo sobre o uso das termelétricas no Brasil. *Ciência e Natura*, v.37, p.17-23, 2015.