



## **USO DE BANCADA DE ENSAIO DE TURBINA HIDRÁULICA EM LABORATÓRIO NA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO DE ENERGIA A PARTIR DA DISCIPLINA FONTES DE ENERGIA E TECNOLOGIAS DE CONVERSÃO**

**Micaelle Araújo de Siqueira** – micaelleas@gmail.com

**Rudi Henri van Els** – rudi@unb.br

Universidade de Brasília, Faculdade UnB Gama

Área Especial de Indústria – Projeção A – Setor Leste

CEP 72444-240 – Gama – DF

***Resumo:** O engenheiro de energia deve ser preparado para aplicar o conhecimento adquirido na universidade no mercado de trabalho. Surge daí a necessidade de ferramentas experimentais de ensino, como os laboratórios práticos. Nesse artigo será abordado o uso da bancada de ensaio de pico turbina hidráulica na consolidação do conhecimento do estudante da disciplina de Fontes de Energia e Tecnologias de Conversão do curso de engenharia de energia da Universidade de Brasília. O laboratório de sistemas hidroelétricos instalado na Faculdade UnB Gama tem como objeto de estudo uma turbina hidráulica instalada em uma bancada pedagógica que simula uma Micro Central Hidrelétrica. Serão apontadas as relações entre o conteúdo teórico da disciplina Fontes de Energia e Tecnologias de Conversão e os conceitos envolvidos na prática.*

***Palavras-chave:** Laboratório didático, Pico turbina hidráulica, Sistema hidroelétrico, Ensino de engenharia.*

### **1. INTRODUÇÃO**

A demanda do mercado de trabalho por engenheiros no mercado de trabalho formal está em ascensão. Tal fato se justifica no maior desenvolvimento do país e na relação que se estabeleceu entre progresso e engenharia. Como consequência, surge a valorização financeira do profissional. Assim, a procura por cursos de engenharia nas universidades também aumentou. No entanto, a questão não pode ser pensada apenas em termos de quantidade, mas ainda na qualidade da formação profissional dos futuros engenheiros (MACIENTE & ARAUJO, 2011).

Surge então a busca por engenheiros que saibam aplicar o conhecimento técnico-científico adquirido na universidade, e pressupõe-se que os laboratórios sejam uma forma prática e eficiente. Tendo este fato em vista, a atual legislação educacional brasileira determina nas diretrizes curriculares dos cursos de graduação, a incorporação de métodos

mais flexíveis com enfoque na competência e na busca de uma abordagem pedagógica “centrada no aluno com ênfase na transdisciplinaridade” e ainda “a conexão entre teoria e prática” (PINTO *et al.*, 2003).

Com a proposta de promover a consolidação do conhecimento dos estudantes de engenharia de energia, construiu-se no campus de engenharias da Faculdade UnB do Gama um laboratório com bancada de ensaio de pico turbinas hidráulicas.

O laboratório pode simular o funcionamento de uma Micro Central Hidrelétrica – a partir de agora chamada de MCH – a partir do ensaio em bancada com diferentes turbinas hidráulicas, o que possibilita aos alunos a aplicação de conceitos fundamentais em sua formação. Mesmo em escala reduzida, o nível de complexidade do sistema se aproxima do real. Além do mais, o laboratório torna-se uma oportunidade de avaliação de absorção do conhecimento do aluno, já que o modelo predominante atual, baseado em provas, nem sempre consegue proporcionar a experiência que o trabalho prático oferece (SILVA *et al.*, 2013).

O laboratório pode ser diretamente relacionado aos conceitos envolvidos na disciplina de Fontes de Energia e Tecnologias de Conversão – a partir deste ponto chamada de FETC – uma vez que trata da fonte hidroelétrica de energia e seu processo de conversão. A bancada de ensaios de pico turbinas hidráulicas pode fornecer experimentos relacionados aos conceitos teóricos envolvidos na disciplina. Para tanto deve-se citar quais são estes conceitos e de que maneira se relacionam entre si. Assim, este artigo apresenta uma proposta metodológica de uso da bancada na disciplina FETC que é ofertada para os alunos do segundo e terceiro semestre do curso de engenharia de energia.

## 2. ASPECTOS TEÓRICOS

### 2.1. Laboratório de ensaios de Pico turbinas hidráulica

O projeto de pesquisa inicial da bancada montada no laboratório objetiva a modelagem, simulação, otimização de turbinas hidráulicas e sua validação experimental com protótipo em escala real. No entanto, a bancada de ensaio também permite a utilização como bancada didática. Mesmo em escala reduzida a bancada possibilita ao aluno assimilação dos conceitos com sistemas hidroelétricos reais (VAN ELS *et. al.*).

A bancada está montada com uma turbina hidráulica Indalma®, que trata-se de uma variação de uma turbina Francis, e inova por permitir em sua configuração o funcionamento da máquina sem distribuidor. O fato de não possuir distribuidor ou sistema mecânico complexo para controle de vazão e potência, facilita a sua utilização em pequenos aproveitamentos hidrológicos.

A Figura 1 mostra o esquemático da instalação que possui a seguinte composição:

1. Inversor de frequência;
2. Motor trifásico;
3. Bomba;
4. Turbina Indalma;

5. Reservatório com capacidade de 1000 litros;
6. Medidores de pressão;
7. Medidores de Vazão;
8. Vertedouro triangular;
9. Células de carga;
10. Sensor indutivo;
11. Válvulas manuais de controle de pressão auxiliar.

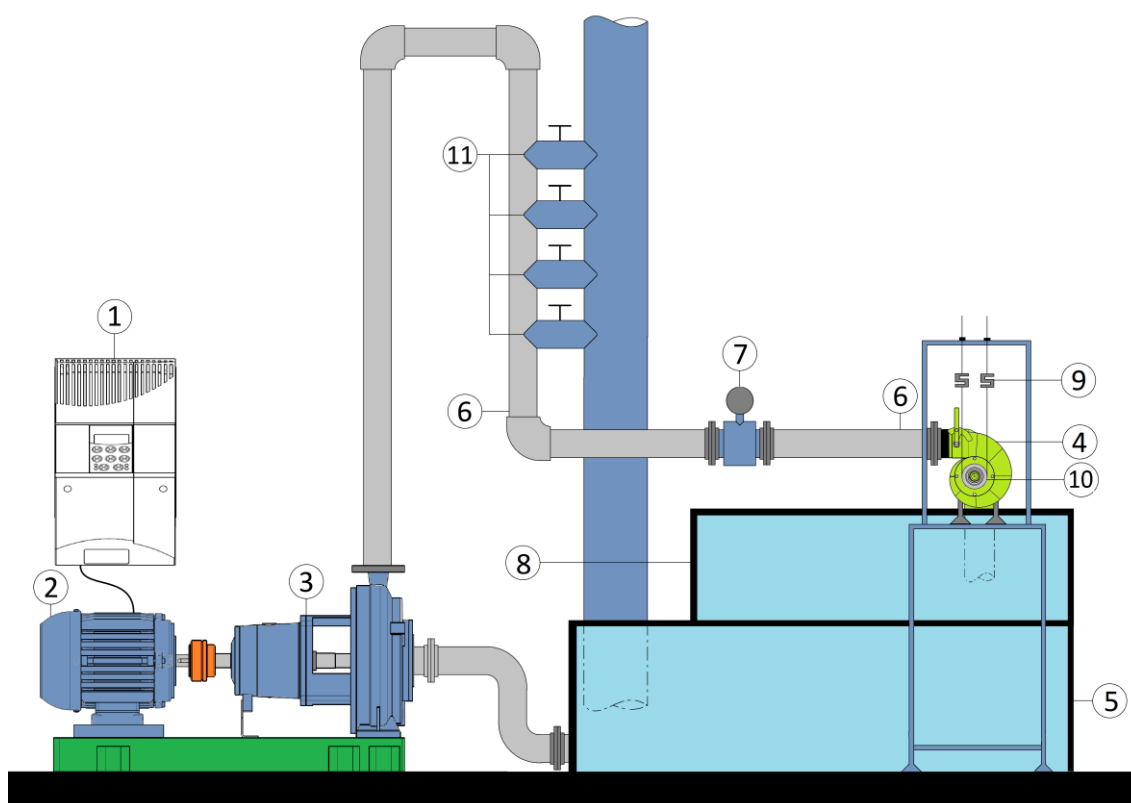


Figura 1. Bancada para ensaio de turbinas hidráulicas. (DANILO, 2014)

## 2.2. Disciplina Fontes de Energia e Tecnologias de Conversão

A disciplina Fontes de Energia e Tecnologias de Conversão – FETC – é ofertada aos estudantes de engenharia de energia da Universidade de Brasília a partir do segundo semestre do curso. Possui como fundamentos teóricos a conversão de energia, calor e trabalho, leis da Termodinâmica.

Aborda de forma mais abrangente sobre as principais fontes e tecnologias de transformação de energia como solar, combustíveis, eólica, hídricas, entre outras, além da questão das fontes energéticas no Brasil.

A metodologia de ensino atual já envolve experimentos para assimilar os conceitos teóricos ministrados em sala de aula na prática. No entanto, estes experimentos se dão de maneira artesanal e com materiais improvisados, o que não demonstra uma condição ideal de experimentação.

### 2.3. Relação Laboratório *versus* disciplina FETC

O laboratório de ensaio de pico turbinas pode ser utilizado para uma vasta possibilidade de experimentos, que envolvem desde os mais simples aos mais complexos conceitos de dinâmica dos fluidos e sistemas hidroelétricos.

Tendo em vista o fato que a disciplina FETC é uma disciplina para alunos iniciantes no curso de engenharia de energia, os experimentos a serem trabalhados na bancada devem possuir pouca complexidade e abranger conceitos mais básicos.

Com o uso da bancada, os estudantes podem se relacionar de maneira mais direta com a engenharia de energia por estarem inseridos no meio, uma vez que mesmo em escala reduzida, as pico turbinas tem sido cada vez mais utilizadas em sistemas de geração distribuída.

## 3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

### Experimentos sugeridos

Os experimentos sugeridos para uso da bancada na disciplina FETC são o cálculo da velocidade, vazão, potência e torque da turbina. Por se tratar de uma disciplina para alunos iniciantes optou-se por trabalhar com o nível de menor complexidade da turbina, no caso operação manual com instrumentação analógica. Por meio do vertedouro triangular os alunos podem calcular a velocidade e a vazão. Utilizando o Freio de Prony, pode-se obter o torque a potência da turbina.

O cálculo da velocidade pode ser realizado com a equação de Bernoulli que é válida em uma linha de corrente de um escoamento estacionário, de massa e volume constantes e sujeito a um campo de forças gravítico. Estabelece uma relação entre velocidade, pressão e altura.

O Freio de Prony é um freio mecânico, onde um cinto de couro está envolvido em torno do eixo da turbina da bancada e mede-se a força transferida para o cinto com duas balanças de molas conexas às extremidades do cinto. O eixo da turbina gira, as balanças mostram o aumento e diminuição da tensão no cinto.

Estas e outras análises como equação da continuidade, conservação de energia e eficiência, podem demonstrar o quanto a teoria se aproxima da realidade e quais são os prováveis fatores que interferem caso ocorra uma alteração de valores.

Os experimentos sugeridos apresentam pequena complexidade por se tratarem de instrumentos de simples utilização e podem ser facilmente reproduzidos por alunos do segundo e terceiro semestre que cursam a disciplina.

## 4. CONCLUSÃO

Pelo exposto o laboratório de ensaio de pico turbinas em bancada se mostra uma ferramenta útil para assimilação de conhecimentos de sistemas hidroelétricos, por possuir diversos níveis de instrumentação analógica e digital. Assim, conclui-se que o mesmo é um



instrumento viável de aplicação na disciplina de Fontes de Energia e Tecnologias de Conversão por envolver conceitos da disciplina na prática.

Ainda poderá ser utilizado em oportunidades futuras para análise mais complexas a medida que os alunos se familiarizem com o ambiente e a bancada.

Cabe ressaltar que o laboratório pode ter diversos níveis de complexidade operacional e permitir aos estudantes um maior preparo para lidar com sistemas reais .

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LEI 9.394 de 20 de dezembro de 1996. Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) e Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (DC), Resolução CNE/CES 11/2002.

MACIENTE, A.; ARAUJO, T. A demanda por engenheiros e profissionais afins no mercado de trabalho formal. Radar, Brasília: Ipea, n. 12, p. 43-54, 2011.

OLIVEIRA, Danilo dos Santos. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, Faculdade UnB Gama. Avaliação experimental em modelo reduzido de uma turbina hidráulica, 2014. 33p.

OLIVEIRA, J. C. de; PINTO, V. P.; ALBUQUERQUE, H. F. de. Desenvolvimento de práticas de laboratório de controle dinâmico utilizando o labview ®. XL Congresso Brasileiro de educação em engenharia – COBENGE, 2012.

OLIVEIRA, L. M. de; TEIXEIRA, D. P.; OLIVEIRA, A. R. de. Utilização de uma Planta Didática Smar para Complementação do Ensino de Engenharia de Controle e Automação. Anais: XL Congresso Brasileiro de educação em engenharia – COBENGE, 2012.

PINTO, D.P.; PORTELA, J.C.S.; OLIVEIRA, V.F. Diretrizes curriculares e mudança de foco no curso de engenharia. Anais: XXXI Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. COBENGE, 2003.

SILVA, J. M.; ARAUJO, B. B. M.; SANTANDER, O. L. S.; ELS, R. H. van. Laboratório real de geração hidrelétrica - Proposta metodológica de utilização de bancada de ensaio de turbina hidráulica no curso de engenharia de energia. Anais XLI Congresso Brasileiro de educação em engenharia – COBENGE, 2013.

UNB GAMA. **Fontes de energia e tecnologias de conversão.** Disponível em: <<http://fga.unb.br/fontes-de-energia-e-tecnologias-de-conversao>> Acesso em: 23 maio 2014.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UNB). Projeto Político Pedagógico – Curso de Graduação em Engenharia de Energia. Brasília–DF, 2010.





## **USE OF HYDRAULIC TURBINE TEST BENCH IN FORMATION OF ENERGY ENGINEER INSIDE THE DISCIPLINE SOURCES OF ENERGY AND CONVERSION TECHNOLOGIES**

**Abstract:** *The energy engineer must be prepared to apply the knowledge acquired at the university in real environments. Surge hence the need for experimental teaching tools, like the practical laboratories. In this article we will address the use of hydraulic turbine peak test bench in the consolidation of the knowledge of student discipline Energy Sources and Technologies conversion in the energy engineering course at the Faculty of Gama - FGA. The laboratory of hydroelectric systems installed on campus has an object of study a hydraulic turbine installed in pedagogical bench that simulates a Micro Hydropower Plant. Relations between the theoretical content of the course and concepts involved in practices will be outlined.*

**Keywords:** *Educational laboratory , Pico hydro turbine , hydroelectric System , School of engineering .*