

Metis – Prototipação 3D: Desenvolvimento de Modelos Didáticos de Turbinas para Ensino de Geração de Energia

João Miguel Medeiros Lavor (IFPB, Campus Patos), Josué Araujo de Figueiredo (IFPB, Campus Patos), Hugo Geine Batista e Silva Segundo (IFPB, Campus Patos) e Filipe Lucena Medeiros de Andrade (IFPB, Campus Patos).

E-mails: joao.lavor@academico.ifpb.edu.br, josue.araujo@academico.ifpb.edu.br, hugo.segundo@academico.ifpb.edu.br, filipe.andrade@ifpb.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.04.04.01-0 Geração da Energia Elétrica

Palavras-chave: energia renovável; ensino técnico; inovação tecnológica; prototipagem 3D; turbinas.

1. Introdução

A demanda por soluções energéticas limpas, eficientes e sustentáveis representa um dos maiores desafios da sociedade contemporânea. Nesse contexto, a capacitação de profissionais que compreendam tanto os conceitos teóricos quanto às aplicações práticas dos sistemas de geração de energia é fundamental. O grupo de pesquisa Metis – Energia e Inovação, do Instituto Federal da Paraíba – Campus Patos (IFPB, Campus Patos), foi estabelecido para atender a essa necessidade, atuando como um centro de desenvolvimento de tecnologias aplicadas ao ensino e à divulgação científica no setor energético.

Entre as ferramentas utilizadas, destaca-se a manufatura aditiva, também conhecida como impressão 3D, que tem revolucionado a maneira como projetos didáticos são desenvolvidos, permitindo a criação de protótipos acessíveis, interativos e de baixo custo. Essa tecnologia permite a criação de protótipos complexos de componentes energéticos, como turbinas hidrelétricas, eólicas e térmicas, facilitando a visualização e compreensão dos processos de geração de eletricidade. No âmbito educacional, a prototipagem em 3D possibilita que os estudantes visualizem de forma tangível os sistemas energéticos, compreendendo suas estruturas e funcionamento de maneira prática e intuitiva. A impressão 3D não apenas otimiza o aprendizado sobre energia, como também incentiva a inovação tecnológica ao permitir a experimentação e o desenvolvimento de novos modelos energéticos que podem ser aplicados em projetos reais. Estudos recentes destacam o papel da manufatura aditiva em tecnologias energéticas, apontando que ela reduz o desperdício de materiais, melhora a eficiência de dispositivos e contribui para o avanço das tecnologias limpas (TARANCÓN et al., 2022). Ademais, o uso de protótipos 3D em projetos educacionais de energia tem mostrado grande impacto na melhoria do aprendizado prático dos estudantes, facilitando a compreensão de conceitos complexos relacionados à geração de eletricidade e engenharia de sistemas energéticos (FORD; MINSHALL, 2019).

O presente projeto, denominado “Metis – Prototipação 3D”, tem como objetivo desenvolver protótipos de diferentes tipos de turbinas para a geração de eletricidade, utilizando impressoras 3D. Esses modelos servirão como ferramentas didáticas para auxiliar estudantes do nível técnico a entenderem, de maneira prática, os princípios e tecnologias de geração de energia. O projeto também busca promover a disseminação do conhecimento sobre energia por meio da exposição desses modelos em escolas e comunidades, incentivando o aprendizado e a inovação tecnológica. Inicialmente, o foco será no desenvolvimento de modelos didáticos de turbinas hidráulicas — Kaplan, Pelton e Bulbo — utilizando impressão 3D. Esses modelos proporcionam aos alunos uma compreensão prática dos princípios de funcionamento das turbinas e da geração de energia elétrica por meio da força da água.

2. Materiais e métodos

O desenvolvimento do projeto foi estruturado em seis etapas principais. Na primeira fase, os alunos envolvidos no projeto participaram de capacitações sobre técnicas de modelagem e impressão 3D. Foram abordados tópicos como: introdução à manufatura aditiva e suas aplicações; uso de *softwares* de modelagem 3D (como Tinkercad ou Fusion 360) para o desenvolvimento de turbinas; configurações e manuseio de impressoras 3D disponíveis no *campus*; e seleção de materiais adequados (PLA e ABS) para a impressão dos modelos. Para o fatiamento e preparação dos arquivos para impressão, foi utilizado o Ultimaker Cura. As impressoras utilizadas foram os modelos Creality Ender 2, CR200, CR10, Finder Flash Forge e GTMax, equipamentos que se destacam pela qualidade de impressão e adequação para projetos educacionais e de desenvolvimento de protótipos. As configurações padrão incluíram altura de camada de 0,2 mm, 20% de preenchimento e temperaturas ajustadas de acordo com o tipo de filamento.

Na etapa seguinte, realizou-se uma pesquisa técnica e bibliográfica aprofundada sobre os três tipos de turbinas hidráulicas, considerando características construtivas, princípios de funcionamento e aplicações práticas. Os alunos foram responsáveis por pesquisar, adaptar modelos e prototipar diferentes tipos de turbinas, incluindo: turbinas Hidrelétricas (Pelton, Francis, etc.), com análise dos principais tipos de turbinas utilizadas em usinas hidrelétricas e criação de protótipos. As turbinas hidráulicas desenvolvidas foram: Francis, turbina de reação, utilizada em quedas baixas e grandes vazões e Pelton, turbina de ação, adequada para grandes alturas de queda e pequenas vazões. Os modelos foram desenhados em 3D considerando aspectos como equilíbrio de massa, resistência estrutural e viabilidade de impressão sem suportes excessivos.

Após a adequação dos modelos disponíveis em bibliotecas públicas e adequação em software, os protótipos serão impressos nas impressoras 3D do *campus*. Os protótipos foram avaliados em termos de: conformidade com o modelo teórico e funcionamento em simulações ou pequenos testes de laboratório. Após a impressão, os protótipos passaram por testes de simulação para validar seu desempenho, analisando a tensão e corrente gerada pelo conjunto turbina e gerador.

Com os protótipos prontos, foi organizada uma exposição dos modelos de turbinas para a comunidade acadêmica e local,

realizada durante o evento científico de 2024 do campus Patos, chamado de Sematec. As etapas incluem: apresentações em escolas e eventos públicos, onde os alunos apresentaram os protótipos, explicando o funcionamento das turbinas e a importância da geração de energia sustentável. Durante todo o projeto, foi realizado um acompanhamento contínuo do progresso, por meio de reuniões quinzenais da equipe e da elaboração de relatórios de progresso.

3. Resultados e Discussão

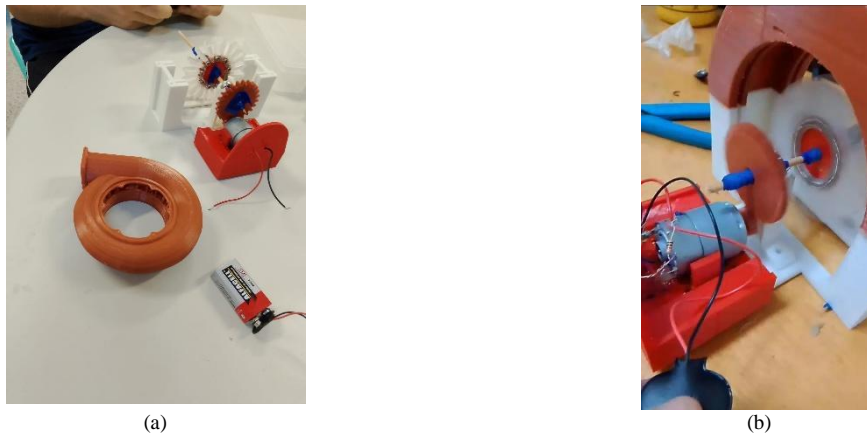
O projeto resultou na construção de três modelos de turbinas hidráulicas em escala reduzida, reproduzindo de maneira fiel os princípios básicos de operação desse tipo de sistema de geração de energia. Todos os modelos passaram pelos testes propostos, cuja comparação é apresentada na Tabela I. Já na figura 1 é apresentado um dos modelos construídos e o teste realizado.

Tabela 1 – Comparação entre o desempenho das Turbinas Pelton e Francis

Característica	Turbina Pelton	Turbina Francis
Tipo de Turbina	Ação	Reação
Uso Ideal	Grandes quedas, pequenas vazões	Baixas quedas, grandes vazões
Desafios Observados	Fragilidade de peças menores	Ajustes no design hidráulico
Desempenho em Testes	Boa performance funcional	Boa performance funcional
Geração de Insights	Sim (para tensão e corrente)	Sim (para tensão e corrente)

Esses testes foram essenciais para verificar se os protótipos funcionam conforme esperado e para gerar insights práticos para os alunos sobre o desempenho das turbinas em condições reais.

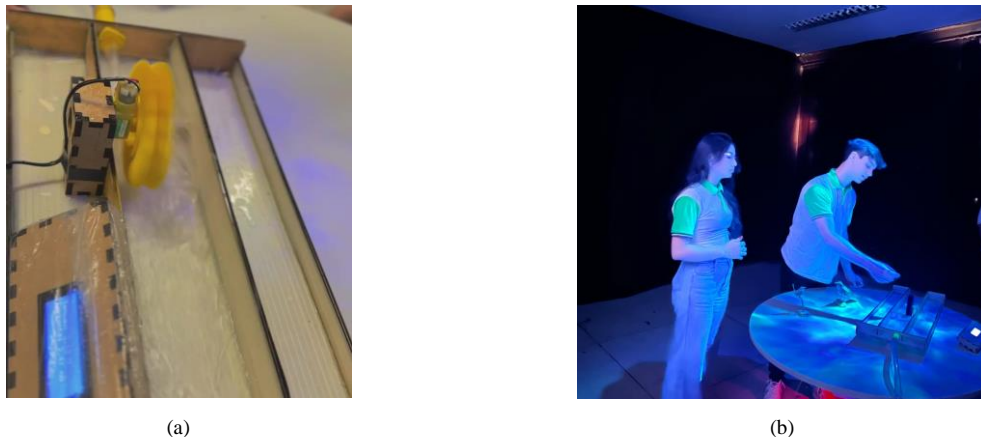
Figura 1 – (a) modelo da turma Pelton e Francis e (b) teste de geração da turbina



Fonte: Próprio autor (2025)

Durante as oficinas, observou-se um elevado engajamento dos alunos, que demonstraram maior compreensão dos conceitos de geração de energia ao interagir com os protótipos. Além disso, o projeto impactou diretamente mais de 250 alunos de escolas públicas da região, promovendo a conscientização sobre energia renovável, sustentabilidade e eficiência energética.

Figura 2 - (a) turbina Pelton em apresentação na Sematec e (b) Alunos junto a autores apresentando o projeto



Fonte: @eletro2023.1, evento da Sematec de 2024

Os testes também revelaram desafios, como a fragilidade de algumas peças menores e a necessidade de ajustes no design para otimizar o funcionamento hidráulico das turbinas. Isso gerou aprendizado significativo para os integrantes do projeto, que

desenvolveram habilidades tanto na área técnica (modelagem, impressão e ajustes mecânicos) quanto na didática (comunicação, mediação de conhecimento e divulgação científica). Comparando com iniciativas descritas na literatura, percebe-se que a aplicação de impressão 3D no ensino de sistemas hidráulicos tem alto potencial de impacto, especialmente em contextos de ensino técnico e médio.

4. Considerações finais

O projeto Metis - Prototipação 3D cumpriu integralmente seus objetivos, proporcionando aos alunos do IFPB – Campus Patos e à comunidade uma ferramenta prática e acessível para o aprendizado sobre geração de energia elétrica por meio de turbinas hidráulicas. A utilização da impressão 3D demonstrou ser uma estratégia eficiente tanto para o ensino formal quanto para atividades de divulgação científica.

Além do desenvolvimento técnico, o projeto fomentou competências fundamentais como trabalho em equipe, resolução de problemas e comunicação. A proposta contribui não apenas para a formação técnica dos envolvidos, mas também para a construção de uma consciência ambiental e cidadã.

Para trabalhos futuros, pretende-se aperfeiçoar os protótipos, incorporar elementos de automação (como sensores, microcontroladores e miniaturas operacionais) e ampliar o alcance das ações, incluindo oficinas itinerantes em outras cidades e produção de kits didáticos para serem distribuídos em escolas públicas.

O projeto Metis Prototipação 3D cumpriu seus objetivos ao capacitar alunos, desenvolver e testar protótipos de turbinas hidráulicas, e disseminar o conhecimento para a comunidade, demonstrando a eficiência da impressão 3D no ensino de geração de energia elétrica. Para o futuro, busca-se aperfeiçoar os protótipos com elementos de automação, como sensores e microcontroladores, e expandir as ações para outras cidades e escolas com kits didáticos, fomentando a formação técnica e a consciência ambiental.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal da Paraíba – Campus Patos, ao grupo de pesquisa Metis – Energia e Inovação, e aos parceiros que apoiaram tecnicamente este projeto.

Referências

- FORD, S.; MINSHALL, T. Where and how 3D printing is used in teaching and education. *Additive Manufacturing*, 2019.
- TARANCÓN, A. et al. 2022 roadmap on 3D printing for energy. *Journal of Physics: Energy*, 2022.