

BOMBA DIDÁTICA: MODELAGEM 3D, PROTOTIPAGEM E REALIDADE AUMENTADA

EDUCATIONAL PUMP: 3D MODELING, PROTOTYPING AND AUGMENTED REALITY

Pablo Antonio Ferreira
Leonardo Rodrigues Felicio
Taiana She Mir Mui

RESUMO

Este projeto de iniciação científica detalha o desenvolvimento de uma ferramenta educacional interativa baseada em um gêmeo digital de uma motobomba centrífuga industrial IMBIL. O objetivo central é criar uma experiência de Realidade Aumentada (AR) que permite a projeção do modelo 3D em um ambiente real, como uma bancada, através de um celular. A aplicação possibilita a visualização do equipamento em vista explodida e o acesso a descrições técnicas de cada componente com um simples toque. A metodologia engloba a engenharia reversa do equipamento, incluindo desmontagem sistemática, metrologia dimensional precisa, modelagem paramétrica em software CAD (Autodesk Inventor) e Impressão 3D do equipamento. O modelo virtual validado é então otimizado e integrado a um software de AR. Como resultado, espera-se uma ferramenta didática imersiva com alto potencial para o ensino técnico, treinamentos industriais e como base para futuras simulações.

Palavras-chave: Realidade aumentada, Engenharia reversa, Autodesk Inventor, Bomba centrífuga, Impressão 3D

ABSTRACT

This undergraduate research project details the development of an interactive educational tool based on a digital twin of an IMBIL industrial centrifugal pump. The main objective is to create an Augmented Reality (AR) experience that allows the projection of the 3D model onto a real environment, such as a bench, using a mobile phone. The application allows users to view the equipment in exploded view and access technical descriptions of each component with a simple touch. The methodology encompasses reverse engineering of the equipment, including systematic disassembly, precise dimensional metrology, and parametric modeling in CAD software (Autodesk Inventor), as well as 3D printing of the equipment. The validated virtual model is then optimized and integrated into AR software. The result is an immersive educational tool with high potential for technical education, industrial training, and as a basis for future simulations.

Keywords: Augmented reality, Reverse engineering, Autodesk Inventor, Centrifugal pump, 3D printing

1 INTRODUÇÃO

O ensino de sistemas mecânicos complexos, como bombas centrífugas, enfrenta o desafio de conciliar teoria e prática, pois desenhos 2D e manuais estáticos não representam adequadamente a complexidade tridimensional e funcional desses equipamentos. Essa dificuldade é agravada pelos altos custos e logística complexa

de aquisição e manutenção de equipamentos físicos em ambientes acadêmicos, bem como pelos riscos e ônus financeiro do treinamento em máquinas reais na indústria. Para solucionar essa questão, propõe-se o desenvolvimento de uma realidade aumentada de alta fidelidade da bomba centrífuga modelo IMBL, acessível via celular. Essa ferramenta interativa permitirá visualizar o equipamento em 3D, interagir com seus componentes individuais, acessar descrições técnicas detalhadas, e será fundamental para análises avançadas, treinamento, planejamento de manutenção e criação de sistemas de ensino mais eficazes e seguros.

1.1 Problema de pesquisa

O ensino de sistemas mecânicos complexos, como bombas centrífugas, enfrenta um grande problema: um espaço entre a teoria e a prática. O uso de desenhos técnicos 2D e manuais estáticos não representa a realidade tridimensional e funcional dos equipamentos. Em ambientes acadêmicos, a aquisição e a manutenção de equipamentos físicos são caras e logisticamente complexas. Na indústria, o treinamento em máquinas reais é oneroso e arriscado. Para resolver isso, é necessário criar ferramentas didáticas interativas e seguras que conectem o conhecimento teórico com a aplicação prática de forma eficaz.

1.2 Objetivo(s)

O objetivo é criar uma realidade aumentada de alta fidelidade da bomba centrífuga modelo IMBL, que com apenas um celular seja possível projetar ela em uma bancada de forma que seja interativa possibilitando visualizar cada componente e suas descrições técnicas

1.3 Justificativa

A criação deste holograma é justificada por suas múltiplas aplicações, que o tornam um ativo valioso. O modelo permite a realização de análises avançadas, para o treinamento e o ensino de pessoas dos componentes do equipamento. Além disso, ele serve como uma ferramenta estratégica para o planejamento de manutenção e para o desenvolvimento de sistemas de treinamento interativos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Na revisão de literatura, visando em aprofundar nos nossos conhecimentos sobre este assunto, serão abordadas questões sobre bombas centrífugas e impressão 3D.

2.1 Bombas centrífugas

Nas bombas centrífugas, a energia é transferida para o fluido através da rotação de um rotor montado em um eixo. Esse rotor possui pás ou palhetas que, ao girarem, impulsionam o fluido. A geometria do rotor e de suas palhetas é crucial, pois ela determina o tipo da bomba e influencia diretamente a forma como a energia é transferida para o fluido, assim como a sua direção na saída do rotor (Gouvea, 2008).

A vazão da bomba é um resultado da interação entre as características de construção da bomba e as condições do sistema em que ela está instalada. As bombas centrífugas operam criando duas áreas de pressão distintas: uma baixa pressão na sucção e uma alta pressão na descarga. Essa diferença de pressão permite que o fluido seja puxado para dentro da bomba e, em seguida, expulso com força (Mengue; Sellito, 2013).

2.2 impressão 3D

A impressão 3D (ou manufatura aditiva) se consolidou como um método eficiente para a produção de objetos tridimensionais a partir de modelos digitais. O processo baseia-se na deposição de material em camadas sucessivas até a formação completa da peça. Em comparação com outras técnicas de fabricação, a impressão 3D é frequentemente descrita na literatura por sua relativa simplicidade e velocidade. O fluxo de trabalho tipicamente envolve a criação ou importação de um arquivo digital em formato .stl que é então enviado à impressora (Silva et al., 2020).

3 METODOLOGIA

A metodologia para desenvolver a pesquisa foi estruturada em 4 fases sequenciais para a criação do projeto.

Primeiramente, a bomba centrífuga IMBIL INI, será desmontada e organizada por peças padronizadas e as não padronizadas para ter uma melhor organização dos componentes. Cada etapa será documentada fotograficamente para garantir a rastreabilidade. Em seguida, será realizada a metrologia dimensional de cada componente começando pelas mais simples até os mais complexos com o auxílio de paquímetros e micrômetros. Os dados serão organizados em fichas técnicas individualizadas.

Na segunda fase, será utilizado o software Autodesk Inventor para a modelagem paramétrica. Componentes não padronizadas serão modelados com base nos dados medidos. Componentes padronizados serão inseridos a partir da biblioteca de conteúdo do software, com base em suas especificações identificadas.

A terceira fase com o desenho da bomba no software pronto, será impressa em uma impressora 3D para melhor entendimento no final do trabalho

Quarta e última etapa, o arquivo da bomba será inserido no software Unreal Engine para que possa ser criadas interações reais com um modelo em realidade aumentada, podendo assim interagir com cada componente da bomba com apenas o seu celular.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a fase de execução desta pesquisa, o equipamento foi submetido a um processo de desmontagem completa. Essa etapa inicial permitiu o acesso a todos os componentes internos da bomba, que foram sistematicamente identificados e catalogados.

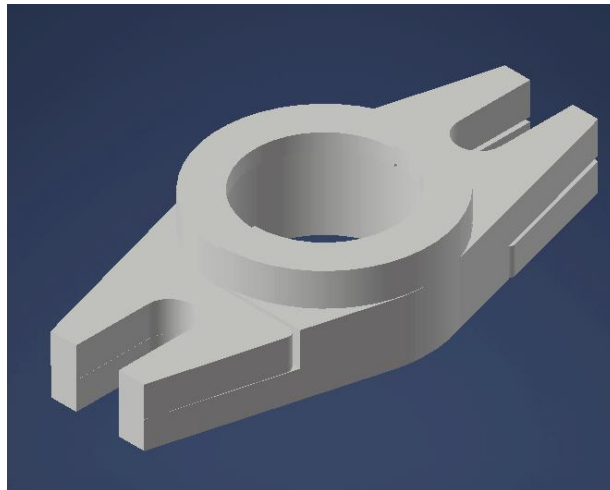
Com o equipamento desmontado, iniciou-se a etapa de medição de cada peça. Utilizando instrumentos de precisão, as dimensões geométricas de cada componente, como diâmetros, comprimentos, raios e espessuras, foram minuciosamente registradas, assim como pode ser observada na Figura 1. Esses dados serão a base para a criação dos modelos 3D paramétricos, garantindo a fidelidade do futuro modelo 3D. Apesar de ser uma etapa inicial do trabalho, a medição precisa dos componentes é crucial para a validade dos resultados subsequentes. A certificação das medições impactará diretamente a qualidade do modelo virtual, que será utilizado para análises e estudos. A ausência de interferências geométricas no modelo final dependerá diretamente da precisão das medições realizadas nesta etapa. Na Figura 2 é apresentado uma das peças da bomba modeladas 3D no software Inventor.

Figura 1. Foto da carcaça da bomba



Fonte: Próprio Autores.

Figura 2. Exemplo de uma peça modelada 3D.



Fonte: Próprio Autores.

5 CONCLUSÃO

Em suma, a fase inicial da pesquisa foi concluída com sucesso. O processo de desmontagem e a medição minuciosa da bomba centrífuga, gerou as medidas necessárias para a próxima etapa: a modelagem 3D. O rigor com que as medições foram feitas é a principal garantia de que o modelo 3D seja preciso. A partir deste ponto, o caminho está aberto para a próxima etapa do projeto: criação de um holograma interativo do equipamento. Assim se tornando uma ferramenta valiosa para a indústria, podendo ser usada para simulações, manutenção e treinamentos, validando a importância da digitalização de ativos mecânicos.

REFERÊNCIAS

GOUVEA, Marcos Martins Rezende. Estudo de confiabilidade em bombas centrífugas. 2008, p. 48. Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia Mecânica da Universidade São Francisco. Campinas-SP, 2008. Disponível em: <https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1519.pdf>

Acesso em: 01 de agosto de 2025

MENGUE, Denis Carlos; SELLITTO, Miguel Afonso. Estratégia de manutenção baseada em funções de confiabilidade para uma bomba centrífuga petrolífera. **Revista Produção Online**, v. 13, n. 2, p. 759-783, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/270467108_Estrategia_de_manutencao_baseada_em_funcoes_de_confiabilidade_para_uma_bomba_centrifuga_petrolifera

Acesso em: 05 de agosto de 2025

SILVA, Pedro Coelho et al. Impressão 3D: Um guia prático. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 84478-84493, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/19270>

Acesso em: 06 de agosto de 2025

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

Sobre os autores:

ⁱ Pablo Antonio Ferreira (Autor 1)

Foto Possui formação em Mecânico de Manutenção pelo curso de aprendizagem industrial do Senai (2024), cursando atualmente a Graduação pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica (2025). Atualmente trabalho como Montador de Produção pela Volkswagen do Brasil

ⁱⁱ Leonardo Rodrigues Felicio (Autor 2)

Foto Possui formação em Mecânico de Manutenção pelo curso de aprendizagem industrial do Senai (2024), cursando atualmente a Graduação pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica (2025)

ⁱⁱⁱ Taiana She Mir Mui (Autor 3)

Foto Doutora em Engenharia Mecânica na área de caracterização de materiais avançados pela Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (FEG-UNESP, 2020). Especialista em Engenharia da Qualidade pela Universidade de São Paulo (EEL-USP, 2014). É formada pela Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba no curso de Tecnologia em Metalurgia (2010) e finalizou a segunda graduação em Engenharia de Materiais (FEG-UNESP, 2021). Possui experiência em caracterizações físico-químicas de materiais metálicos, poliméricos e biomateriais. Atuou como Especialista no Núcleo de Tecnologia do SENAI, em São José dos Campos. Atualmente, exerce o cargo de Professora de Ensino Superior na Faculdade SENAI Taubaté Félix Guisard.