



ENSINO DE ENGENHARIA COM FOGUETES DE ÁGUA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5133

Autores: RICARDO DALKE MEUCCI

Resumo: *O presente trabalho é um relato da experiência do emprego da atividade FOGUETES DE ÁGUA como ferramenta no ensino de engenharia, na disciplina FÍSICA APLICADA - PRÁTICAS DE EXTENSÃO, componente do 3º semestre dos cursos de engenharia do campus Santo Amaro do Centro Universitário SENAC que é parte de uma nova grade curricular implantada a partir do primeiro semestre de 2022. Este tipo de atividade pretende tornar tangíveis conceitos abstratos e motivar os estudantes a criar estratégias para resolver os desafios propostos. O emprego da atividade de desenvolvimento de projeto e lançamento de FA tem se mostrado bem-sucedida nos objetivos a que se propõe, dentro do escopo da disciplina.*

Palavras-chave: *educação em engenharia, física, cálculo, projetos.*

ENSINO DE ENGENHARIA COM FOGUETES DE ÁGUA

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho é um relato da experiência do emprego da atividade FOGUETES DE ÁGUA como ferramenta no ensino de engenharia, na disciplina FÍSICA APLICADA - PRÁTICAS DE EXTENSÃO, componente do 3º semestre dos cursos de engenharia do campus Santo Amaro do Centro Universitário SENAC. Esta disciplina é parte de uma nova grade curricular implantada a partir do primeiro semestre de 2022, consoante com as mais recentes exigências do MEC. A disciplina é administrada por 3 professores e engloba conteúdos de Física (incluindo aspectos teóricos e experimentais) e Cálculo (incluindo introdução ao Cálculo e Geometria Analítica), resultando numa carga horária de 144 horas. Este novo formato, diferente do tradicional, integrando áreas do conhecimento que seriam tratados separadamente, provoca o surgimento de uma série de desafios no processo de ensino aprendizagem no modelo proposto por esta disciplina, entre os quais:

- Como fazer a integração de diferentes áreas do conhecimento e cumprir os requisitos da ementa proposta?
- Como os três professores da disciplina organizarão os temas ao longo das aulas de modo a produzir um conjunto coeso de conhecimentos?
- Que ferramentas e meios os professores devem adotar de modo a minimizar os ruídos de comunicação com os estudantes e entre os professores?
- Como proceder para que os estudantes percebam que embora entrem na sala em momentos distintos com diferentes professores, a disciplina é única?
- Como avaliar os estudantes neste modelo que integra conhecimentos?
- Como criar as condições que proporcionarão aos estudantes aprendizagem significativa, compreendida como definida por Ausubel.
- Como viabilizar a “a concepção da extensão universitária como função potencializadora na formação dos estudantes e na capacidade de intervir em benefício da sociedade, com propósito de transformação da realidade social, sobretudo das localidades onde as Instituições de Educação Superior (IES) estão inseridas” preconizada no Parecer CNE/CES nº 576/2023, demanda explícita na denominação da disciplina?

Com a intenção de responder a alguns destes desafios, concebemos uma atividade que pudesse integrar os conhecimentos e saberes da disciplina, utilizando foguetes de água (FA). As atividades com FA são tradicionais no ensino fundamental e há eventos, como a MOBFOG, que exploram o potencial destes artefatos como uma valiosa ferramenta para o ensino de ciências e áreas correlatas. O dispositivo necessário para fazer o lançamento dos foguetes também é construído pelos estudantes e de modo similar ao FA são empregados materiais de baixo custo que podem ser encontrados em lojas de material de construção. Embora o FA seja simples, barato e fácil de construir, tem todas as características e o comportamento de um foguete real e, portanto, reúne predicados que julgamos o habilitar para ser empregado como ferramenta no ensino de num curso de engenharia, permitindo abordar temas caros à formação de futuros

engenheiros, dentro dos objetivos da disciplina. A facilidade de construção e o emprego de materiais de baixo custo e encontrados em lojas de material de construção também é um requisito importante e possibilita que o conhecimento adquirido sobre os FA seja compartilhado com a sociedade, por meio de atividades com estudantes do ensino fundamental.

Esta atividade foi concebida com o objetivo de atuar integrando conhecimentos de diferentes temas da disciplina, em caráter teórico e prático, aplicando conhecimento em diversas áreas, como leis fundamentais da física, cálculo, métodos experimentais e aplicações de conhecimentos de gerenciamento de projeto, como o objetivo de desenvolver um FA que atue com confiabilidade, repetibilidade e previsibilidade de comportamento. Estas soluções englobarão desde o projeto de foguete até os dispositivos e ferramentas necessários para executar e acompanhar os lançamentos, coletando dados sobre a operação e o desempenho que retroalimentarão melhorias nos modelos e soluções empregadas (SEIBERT, 2006). Parâmetros importantes de engenharia como confiabilidade, repetibilidade e previsibilidade de comportamento (REMEZANI; ROTHE, 2017) deverão ser obtidas como o emprego de diversas metodologias empregadas (HIDAYAH; SALAMAH; SASONO, 2022) no dia a dia por profissionais de diferentes áreas de atuação (CORIOLANI; LICCIARDELLO; MURATORE, 2012).

2. OS FOGUETES DE ÁGUA

Um FA é constituído por um foguete construído a partir de uma garrafa PET do tipo utilizados na embalagem de bebidas gaseificadas, equipado com empenas e uma ogiva, lançado para o alto por meio de água e ar comprimido (SOUTIEK et al, 2021). A ogiva na parte superior pode conter uma carga, que pode vir a ser um sistema de coleta de dados, um sistema de recuperação do foguete como um paraquedas.

Os FA são reconhecidos como uma atividade didática (LUCAS; FREIRE; TEODOSIO, 2022) capaz de colocar os estudantes como protagonistas no processo de ensino aprendizagem, num processo dinâmico que envolve múltiplos conhecimentos científicos e tecnológicos. A participação dos estudantes em atividades envolvendo FA tornam tangíveis conceitos abstratos e motivam os estudantes criar estratégias para aprenderem a aprender e permite a elaboração de atividade que sejam desenvolvidas em grupo, onde os papéis dos integrantes podem e devem ser revisados para que haja o fortalecimento do desenvolvimento de habilidades de cooperação, empatia e resolução de problemas, que denominaremos soft skills.

2 A DISCIPLINA

Ao se matricular na disciplina FÍSICA APLICADA - PRÁTICAS DE EXTENSÃO o estudante já tem uma noção dos métodos experimentais e teóricos da física newtoniana e conhecimentos elementares de cálculo, que serão necessários para o desenvolvimento do projeto. Também tem conhecimentos elementares da modelagem e simulação usando softwares de CAD/CAE e já é capaz de manusear as ferramentas necessárias para materializar o seu projeto. Aos docentes restam os desafios de integrar todas estas demandas numa atividade, que apresenta um nível maior de complexidade, conjuntamente com critérios de desenvolvimento de projeto, gestão de recursos e análise

crítica. Será necessário engajar os estudantes nesta dinâmica diferenciada e desafiadora, desenvolvendo as demandas da ementa da disciplina com as particularidades do projeto desenvolvido, sem deixar de lado o rigor metodológico.

As entregas dos estudantes foram organizadas em três momentos distintos. A primeira entrega foi realizada na terceira semana de março foram solicitados os esboços dos desenhos que serão empregados na construção dos protótipos e os resultados das simulações realizadas no software CAD/CAE. A segunda entrega foi realizada na segunda semana de abril e foram solicitados a apresentação de um protótipo funcional, que foi testado em condições reais e um memorial descritivo do projeto. A terceira e última entrega consiste em duas etapas distintas: inicialmente os alunos lançaram os FA verificando o cumprimento dos requisitos do projeto, conjuntamente com a coleta de dados sobre o desempenho do FA durante a etapa inicial do voo. Os dados tratados dão origem a um relatório que apresenta dados quantitativos e qualitativos e nota atribuída é equivalente a uma das três provas da disciplina, equivalente a 22% da média final.

3 O PROJETO

São requisitos dos FA a serem desenvolvidos pelos alunos:

- i) Construir um FA a partir de garrafas PET do tipo utilizados em bebidas gaseificada;
- ii) Construir um dispositivo de lançamento, utilizando tubos e conexões de PVC, capaz de funcionar com segurança e confiabilidade sob as condições de pressão de operação dos FA;
- iii) O FA deverá ser equipado com um paraquedas de modo que seja aberto somente após o apogeu do voo. O mecanismo para a abertura do paraquedas é de livre escolha, mas o sensor (se necessário) não deverá usar dispositivos comerciais (ou seja, os estudantes devem conceber e construir um dispositivo capaz);
- iv) É vedado o uso de partes metálicas ou de madeira na estrutura, exceção feita a peças de pequeno porte do mecanismo de acionamento do paraquedas;
- v) É vedado o uso de qualquer material inflamável ou explosivo nos FA, qualquer que seja a função pretendida;
- vi) O projeto, a construção, lançamento e operação deverá ser realizada apenas e tão somente pelos componentes das equipes;
- vii) As equipes deverão ter um máximo de 4 componentes;
- viii) O limite de pressão para os lançamentos será de 100 psi (CORIOLANI, 2012).

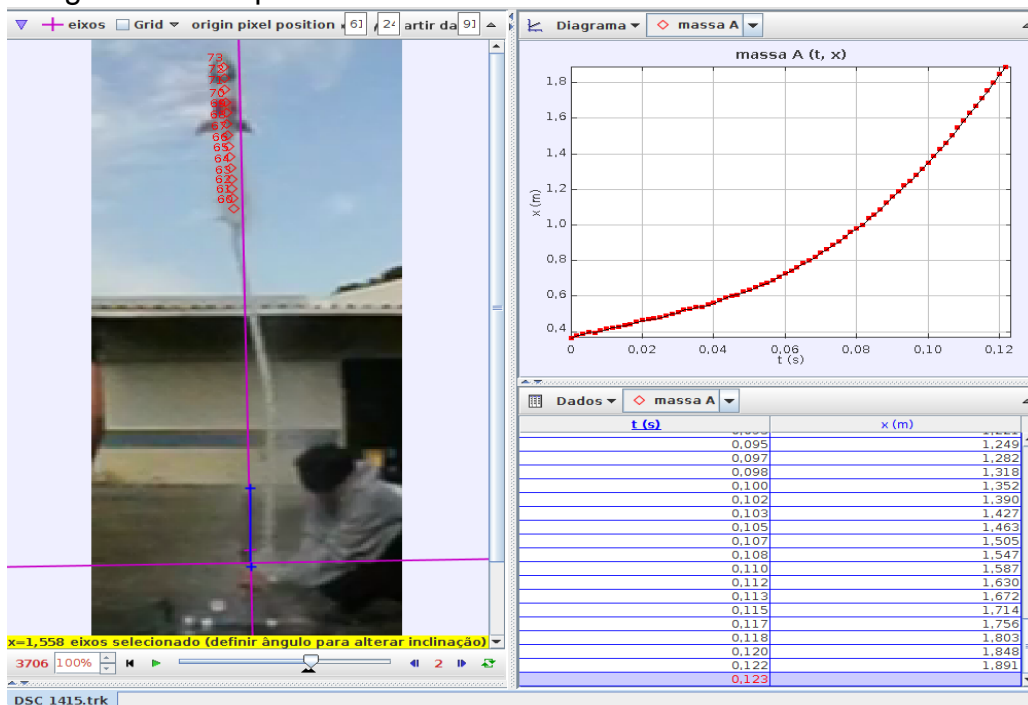
O processo avaliativo é realizado a partir das entregas realizadas pelos estudantes ao longo do semestre e na avaliação do relatório final, que deve ser apresentado e defendido perante os professores e demais colegas. Nesta apresentação avaliamos, além do atingimento dos requisitos propostos para o FA e seu lançamento, o desenvolvimento dos processos que levaram aos resultados e o tratamento dos dados obtidos.

3 COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS DOS LANÇAMENTOS

Como método de coleta de dados optamos por utilizar ferramentas de vídeo-análise (Software open source TRACKER) devido às facilidades proporcionado pelo

método. Esta ferramenta possibilita desenvolver experimentos significativos de alta qualidade no ensino de física, permitindo discutir aspectos teóricos e experimentais e enriquecendo a experiência dos estudantes. Além disso é um software de fácil aprendizagem, o que o torna acessível seu uso na obtenção de informações relevantes em experimentos de física (BROWN; COX, 2009). Entretanto devido às altas acelerações envolvidas, da ordem de $\sim 400 \text{ m/s}^2$ quando lançados com pressões de 0,7 MPa, faz necessário utilizar câmera capaz de realizar grande número de quadros por segundo e utilizamos uma câmera capaz de realizar vídeos a uma taxa de 1200 quadros por segundo. O software [TRACKER](#) pode facilmente obtido online.

Figura 2: Exemplo de vídeo análise de FA filmado a uma taxa de 1200 fps.



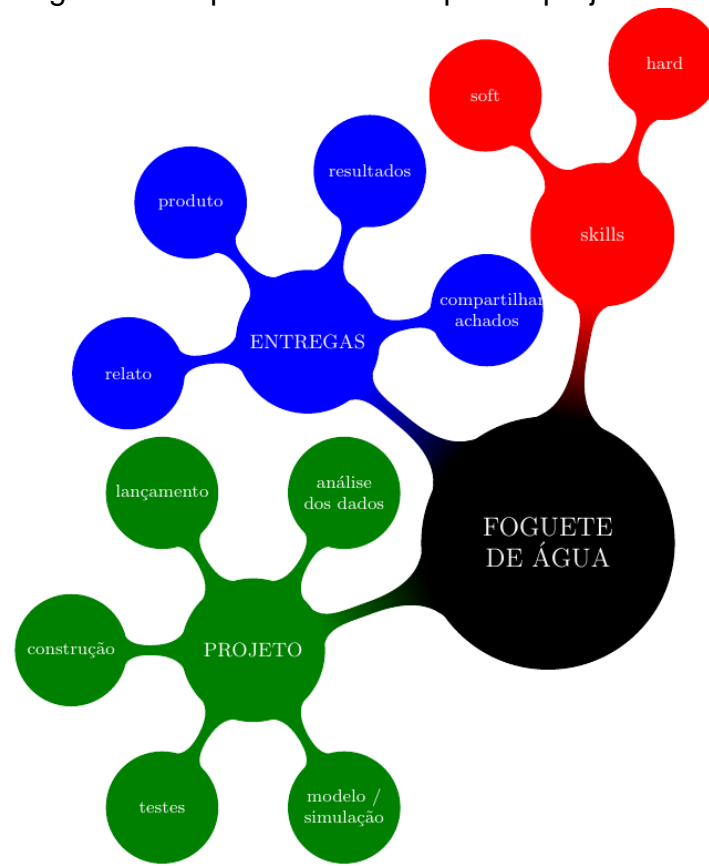
Fonte:

Produção própria.

4 RESULTADOS E CONCLUSÕES

O emprego da atividade de projeto e lançamento de FA tem se mostrado bem-sucedida nos objetivos a que se propõe, dentro do escopo da disciplina FÍSICA APLICADA - PRÁTICAS DE EXTENSÃO. Também tem sido bem-sucedida em integrar aspectos como o desenvolvimento do projeto, das entregas realizadas pelos estudantes, essenciais para a avaliação ao longo do processo e as competências (que denominamos skills), integrados como ilustrado no mapa conceitual abaixo.

Figura 1: Mapa de conceitos para o projeto FAA



Fonte: Produção própria.

A análise dos dados obtidos na vídeo-análise complementa as discussões nas componentes curriculares da disciplina, permitindo aprofundar o desenvolvimento de aspectos teóricos e experimentais da física envolvida, complementados pelo emprego de elementos de cálculo diferencial e integral numa situação real, conhecimentos estes que em metodologias mais tradicionais ficaria restrito apenas a alguns poucos exemplos e problemas resolvidos. Aproximamos assim as práticas da sala de aula a práticas do trabalho em engenharia, com ferramentas acessíveis capazes de fornecer dados de alta qualidade para professores e estudantes.

Os relatos dos estudantes nos encorajam a continuar trilhando este caminho e aperfeiçoando o emprego deste tipo de atividade em nossas aulas. O conhecimento adquirido nesta disciplina será compartilhado pelos estudantes com a comunidade dentro do contexto das práticas de extensão, pois atividades com FA sempre geram muita curiosidade, mesmo fora do contexto educacional.

5 BIBLIOGRAFIA

BROWN, D., COX, Anne J. **Innovative Uses of Video Analysis**. The Physics Teacher, v. 47, 2009.

CLEOPHAS, Maria das Graças; CHECHI, Aline. **Alternate Reality Game (ARG) e STEAM: uma articulação viável na promoção de uma aprendizagem multidisciplinar.** Revista Tecnologia da Educação. Ano 10, Número/volume 28, dez/2018. 2018.

CORIANI, Carlo, LICCIARDELLO, Fabio, MURATORE, Giuseppe. **Stress-cracking of PET Bottle as na unpredictable fator limiting the comercial life of carbonated soft drinks,** Italin Journal of Food Sciences, 24(4), p 170-173, 2012.

HIDAYAH, Qonitatul, SALAMAH, Umi, SASONO, Margi. **Analysis of Water [rocket Launch Teste With Carbon Fiber Material Using Telemetry System.** (“KONSEP FISIKA DALAM GERAK PERMAINAN ROKET AIR”) JORNAL TEORI DANS APLIKASI FISIKA, v.10. n. 1. 2022.

REMEZANI, Arash, ROTHE, Hendrik. **Simulation Based Early Prediction os Rocket, Atillery, and Mortar Trajectories and Real Time Optimizanton for Counter RAM Systems.** Mathematical Problems in Engineering. V.2017, 2017.

“SEIBERT, G. **The History of sounding Rockets and Their Contribution to European Space Research.**” (“The future of astronomy with small satellites | Nature Astronomy”) Noordwijk, 2006.

SOUTIEK, C. M.; CANALLE, J. B. G., C.; MESQUITA, Alberto Alves de. **“Foguetes de garrafas pet “flex”: conceitos, construção, lançamento e procedimentos de segurança.”** (“Foguetes de garrafas pet “flex”: conceitos, construção, lançamento e ...”) A Física na Escola, v. 19, n. 1, p. 38–47, 2021.

TEODOSIO, Lucas F. et al. **ENSINO DE CIÊNCIAS ATRAVÉS DA MOSTRA BRASILEIRA DE FOGUETES (MOBFOG).** v. 20, n. 02, 22 out. 2022.

XAVIER, A. P. et al. **FOGUETE DE GARRAFA PET COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DE FÍSICA.** Revista Multidisciplinar do Vale do Jequitinhonha - ReviVale, v. 2, n. 1, 29 jun. 2022.

Abstract: The present work is a report on the experience of using water rockets as a tool in engineering education, in the APPLIED PHYSICS - EXTENSION PRACTICES discipline, a component of the 3rd semester of engineering courses at the Santo Amaro campus of SENAC University Center, which is part of a new curriculum implemented from the first semester of 2022. This type of activity aims to make abstract concepts tangible and motivate students to create strategies to solve the proposed challenges. The use of the project development and launch activity of water rockets has proven successful in achieving its objectives within the scope of the discipline.

Keywords: engineering education, physics, calculus, projects.

