

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

O DESAFIO DE UM PROJETO INTEGRADOR NO ENSINO DE MECÂNICA DOS FLUÍDOS

Mônica Veras Martins, monicavm@outlook.com

João Batista Furlan Duarte, furlan@unifor.br

Universidade de Fortaleza, Av. Washington Soares, 1321, Edson Queiroz, 60811-905, Fortaleza-Ce.

Resumo: Um dos principais desafios, atualmente, no aprendizado superior é viabilizar que o processo de estudo seja estimulante e que o discente tenha interesse em ultrapassar o ambiente da sala de aula, cumprindo além do conhecimento objeto das disciplinas a capacidade de integrar outros conhecimentos, competências e habilidades de outras disciplinas. Presente em diversas áreas de atuação, a engenharia mecânica desenvolve projetos interdisciplinares que integram os conhecimentos gerados no curso. Em mecânica dos fluidos, a compreensão dos princípios básicos é essencial, pois o fluido é o meio operante do sistema. Neste trabalho, propõe-se a construção de um veículo por propulsão a água pressurizada por ar comprimido para elevação vertical, um foguete como parte, utilizando-se garrafas descartáveis de refrigerante (PET). O objetivo didático com o projeto é despertar um maior interesse nos alunos da disciplina de Mecânica dos Fluidos. Os cálculos usados para justificar os resultados encontrados depois que foram feitos determinados lançamentos com o foguete nem sempre condizem com o que é visto na realidade. Se levarmos em conta os fatores que influenciam o voo do foguete tais como o atrito com o ar, a perda de água do reservatório e a consequente perda de pressão, além dos fatores externos, dificulta a aplicação da teoria física, tornando os cálculos complexos. Mesmo com essas dificuldades, correlacionar estas variáveis torna-se fácil depois que se adquire confiança ao trabalhar com fluidos. Desse modo, com cálculos não muito complexos, foi um projeto de fácil montagem e manuseio, com uma proposta efetiva, que fez interdisciplinaridade ser usada durante todo o processo.

Palavras-chave: Mecânica dos Fluidos, Foguete, Equação de Bernoulli, Interdisciplinaridade.

1. INTRODUÇÃO

Capacitado para desenvolver novas tecnologias, o engenheiro tem um papel fundamental na sociedade. Durante o curso de engenharia, ao desenvolver atividades e projetos multi/interdisciplinares baseados em questões reais de engenharia, os alunos têm maior percepção dos conteúdos aprendidos. Em mecânica dos fluidos, a compreensão dos princípios básicos é essencial, pois o fluido é o meio operante do sistema. Frank M. White (2011) ressalta que o fato da teoria ser aplicada no estudo do gás ideal pode ser um pouco frustrante ao tentar inserir em situações práticas e tornando-as inválidas, visto que o básico do estudo está no comprometimento entre a teoria e a experimentação. “Um de nossos objetivos é apresentar a mecânica dos fluidos como realmente ela é – muito útil e empolgante.” (Munson et al., 2002).

Para despertar um maior interesse no aluno foi usado um veículo que atrai a curiosidade das pessoas. O foguete de garrafa PET segue as mesmas leis físicas que os foguetes utilizados em coleta de dados atmosféricos, veículos lançadores de satélites e de naves espaciais, pirotecnia e uso militar, dessa forma o projeto vai motivar o aprendizado do aluno de forma didática e simples. “Muitas vezes, os estudantes precisam avaliar primeiro o problema, [...]. Muitos problemas de mecânica dos fluidos exigem mais do que apenas conhecimento do assunto; eles exigem também intuição física e experiência.” (Çengel & Yunus, 2007).

Juares da Silva Thiesen (2008) propõe em sua publicação que a interdisciplinaridade busca atender à necessidade de superar a visão fragmentada nos processos de produção e socialização do conhecimento, assim o objetivo deste artigo visa que ao desenvolver a atividade prática da construção do foguete a propulsão de água e pressão de ar possa contribuir no aprendizado da disciplina de mecânica dos fluidos, gerar experiência e integrar os conteúdos, como física, cálculo, álgebra, para que ocorra a interdisciplinaridade e o desenvolvimento de novos conhecimentos científicos, como das habilidades de um engenheiro.

Neste artigo pode se observar na metodologia a montagem, com o material utilizado, depois o cálculo das variáveis e as possíveis conclusões.

2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

“O processo do ensino, em geral, [...], devem ser adaptados à maneira como raciocínio se desenvolve, enfatizando-se o aprendizado ativo por meio do envolvimento dos estudantes em atividade de descoberta.” (Krasilchik, 2008). O foguete de garrafa PET, construído em sua maioria por materiais acessíveis e recicláveis, foi analisado pelo professor como o mais indicado para o ensino de mecânica dos fluidos.

Para facilitar o aprendizado dos estudantes, a construção do foguete é bem simples e proporciona a percepção de outros conteúdos associados no desenvolvimento do projeto. O docente poderá conduzir as etapas em aulas consecutivas, para que o trabalho seja gradativo e empolgante.

Depois de estudos realizados, foram construídos dois protótipos para execução do projeto. Foi utilizado inicialmente duas garrafas PET de 2L, cuja primeira recebe água e ar comprimido, já a segunda foi utilizada para a aerodinâmica do projétil, cortada ao meio e a parte superior colada com fita adesiva na parte inferior da primeira garrafa PET. Após a pressurização, o gatilho feito por “abraçadeiras”, faz com que a trava de segurança seja liberada e o foguete suba. Neste momento, pode-se conferir a aplicação da Terceira Lei de Newton, conhecida como Princípio da Ação e Reação, que são forças aplicadas entre dois corpos, no caso a água pressurizada aplica uma força na plataforma e esta retribui na mesma intensidade, porém de sentido contrário. Na Figura 1, pode ser conferida a aplicação destas forças.

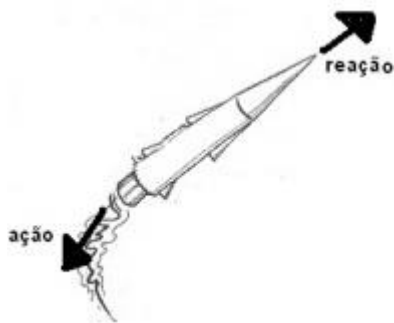


Figura 1. Aplicação da Terceira Lei de Newton.

Primeiramente foi construída a alimentação, por onde entra o ar comprimido e a água, depois a plataforma, que serve para suporte do foguete e foi finalizado com a montagem do dispositivo de disparo, que pode ser observado na Fig. 4.

2.1. Alimentação do Foguete

Na Figura 2, pode-se observar a entrada de ar e consequente pressurização da garrafa, feita pela válvula retirada de uma câmara de um pneu. Todo o conjunto foi construído por tubos do tipo PVC soldados.



Figura 2. Alimentação do Foguete.

Tabela 1. Material Necessário para a Alimentação do Foguete.

1	Tubo de PVC soldável de 20mm de 15cm de comprimento
2	Tês de PVC soldável de 20mm

1	Luva de redução de PVC soldável de ½"x20mm
1	Moeda de 10 centavos (dourada)
2	Adaptadores de PVC de 20 x ½"
1	Registro de PVC de ½" (rosca)
1	Válvula de pneu sem câmara
1	CAP de PVC soldável de 20mm

2.2. Plataforma do Foguete

Em Rodrigues (2013) apresenta este modelo de plataforma como o mais utilizado para o experimento, por ser compacto e forte. Uma válvula de segurança também foi utilizada que funcione como dispositivo de emergência, podendo ser visualizada na Fig. 3.



Figura 3. Estrutura da base junto com a válvula de segurança e o dispositivo de disparo.

Tabela 2 - Material Necessário para a Plataforma do Foguete.

1	Tubo de PVC soldável de 32mm de 66cm
3	Joelhos de PVC soldável de 45° de 32mm
3	Luvas de redução de PVC solda/rosca 32x1
3	Adaptadores de PVC para rosca de 32mm
3	Ponteiras de borracha de 1"
1	Tê de PVC de redução de 32x25mm
1	Te de PVC soldável de 32mm
1	Luva de redução de PVC solda/rosca 25/½
1	Tubo de PVC soldável de 25mm de 3cm de comprimento

2.3. Dispositivo de Disparo

Para a construção deste módulo, o qual deve ser preciso e resistente, pois ele irá reter o foguete até que a pressão ideal seja atingida e após favorecer o disparo, foram utilizadas 13 “abraçadeiras” de Nylon presas por um anel de borracha no tubo de PVC e a cabeça da “abraçadeira” é presa no flange da boca da garrafa, vista na Fig. 4.



Figura 4. Abraçadeiras usadas como gatilho.

Tabela 3 - Material necessário para o dispositivo de disparo do foguete

13	Abraçadeiras de Nylon de 20cm de comprimento
1	Luva simples de 40mm
1	Tubo de PVC de 40mm de 4cm de comprimento
1	Tubo de PVC de 32mm de 4cm de comprimento
1	Tubo de PVC de 20mm de 8cm de comprimento
1	CAP de PVC soldável de 40mm
1	Luva simples de 20mm
1	Adaptador de PVC solda/rosca de 20 x 1/2''
1	Tubo de PVC de 25mm de 2cm de comprimento
1	Tubo de PVC de 20mm de 2,5cm de comprimento
1	União de mangueira de 1/2'
1	Anel de borracha de seção cilíndrica

Na Figura 5, pode-se observar a estrutura do foguete finalizada e pronta para uso.



Figura 5. Foguete pronto para o voo.

3. CÁLCULOS DAS VARIÁVEIS DO PROJETO

“A ciência e a engenharia se baseiam em medições e comparações.” (Resnick & Halliday, 2008). Para que fossem determinados os resultados do experimento, alguns cálculos foram realizados para comparar os resultados teóricos com os práticos e dessa forma melhorar o projeto.

Devido à utilização da água, que são fluidos de escoamento incompressível, como um dos combustíveis do foguete, a principal equação utilizada foi a de Bernoulli:

$$\frac{1}{2}\rho v^2 + P = \frac{1}{2}\rho u^2 + P_{atm} \quad (1)$$

Onde no primeiro membro, relacionadas no interior da garrafa, temos a densidade ρ e sua velocidade V_i , com a pressão P na superfície. Já no segundo membro, há a velocidade relativa u e a pressão atmosférica na boca da garrafa.

Para calcular o movimento do foguete, um cronômetro foi usado para marcar o tempo de subida e ao atingir a altura máxima, ele começa a cair em queda livre devido à desaceleração, onde $V=0$. Assim, pode-se calcular a velocidade inicial a partir da Eq. (2), com a aceleração da gravidade no valor de $9,8 \text{ m/s}^2$.

$$v = v_0 - gt \quad (2)$$

Por fim, a altura máxima foi calculada pela Equação 3, a equação de Torricelli.

$$v^2 = v_0^2 - 2gh \quad (3)$$

4. COMPARAÇÃO DO RESULTADO EXPERIMENTAL COM A TEORIA

Nos cálculos teóricos, utilizou-se uma pressão inicial de 3 bar e foi possível notar uma variação nos resultados da velocidade, da altura e do tempo, em função do volume de água colocado na garrafa, mostrados na Tab. 4.

Tabela 4. Cálculos dos resultados teóricos obtidos.

TEÓRICO			
Volume de água (mL)	Velocidade (m/s)	Altura (m)	Tempo (s)
330	25,43	32,86	2,59
660	24	29,41	2,45

Ao comparar os resultados práticos com os obtidos anteriormente, percebe-se uma diferença nos valores obtidos, que irão ser comentados na sessão 5.

Tabela 5. Cálculos dos resultados práticos obtidos.

PRÁTICO			
Volume de água (mL)	Velocidade (m/s)	Altura (m)	Tempo (s)
330	23,52	28,22	2,4
660	21,56	23,71	2,2

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os cálculos usados para justificar os resultados encontrados, após serem feitos determinados lançamentos com o foguete, nem sempre condizem com o que é visto na realidade. Depois de lançado, devido aos fatores externos vindos do ambiente como o atrito com o ar, além de outros fatores como a perda de água, antes armazenada dentro da garrafa, a perda de pressão, onde está sendo realizado o lançamento, dificultam na hora de aplicar o cálculo físico, tornando o mesmo um pouco mais complexo. Apesar das dificuldades iniciais, o experimento proporciona ao aluno correlacionar os conteúdos aprendidos tanto na mecânica dos fluidos quanto em física e cálculo. Pela observação dos valores teóricos e práticos obtidos, pode-se tornar a experiência prática uma atividade enriquecedora.

Segundo Rodrigues (2013, p. 11 apud Resnick & Halliday, 1984): “A 2ª Lei de Newton pode ser resumida na equação onde a somatória das forças que atuam sobre um corpo é igual à massa multiplicada pela aceleração. Assim, conclui-se que quando se tem forças de módulos iguais (no caso da força exercida para o lançamento do foguete), o foguete mais cheio possui menos aceleração e assim, atingiria uma menor altura”.

Foi possível concluir que a garrafa com 1/6 do volume obteve melhores resultados tanto na parte teórica quanto na prática, pois devido a pressurização utilizada na garrafa de 3 bar ser uma constante, induz o aluno a chegar na conclusão que a relação *massa/potência* também influencia na decolagem.

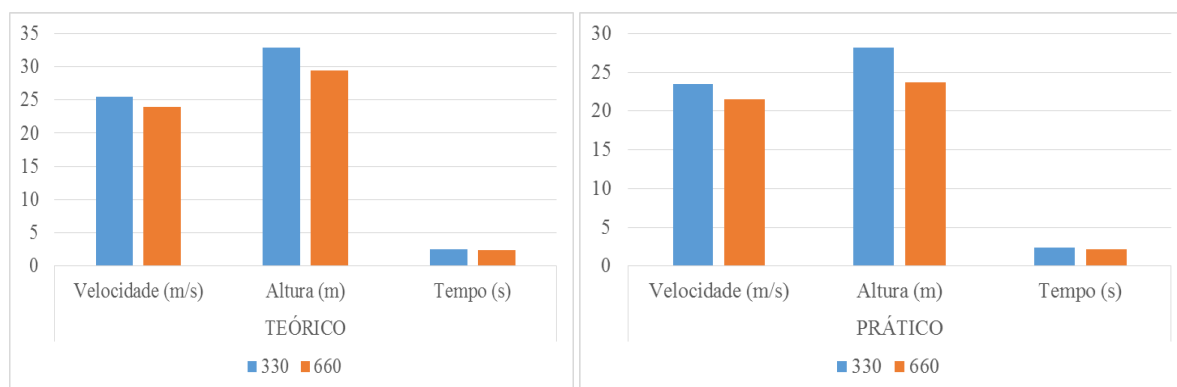


Figura 6. Comparação entre os resultados obtidos pelas análises teóricas e práticas.

6. CONCLUSÃO

Em virtude do que foi visto neste experimento, pode ser concluído que o baixo custo de construção, por tratar-se basicamente de material reciclável, e com os resultados matemáticos bastante expressivos, é estimulante a junção da aula teórica com a atividade prática, mostrando que o aluno deve sair da zona de conforto e comece a conviver com algumas das dificuldades que serão encontradas ao longo de sua carreira como engenheiro. Apesar de alguns problemas na parte da vedação, foi um projeto de fácil montagem e manuseio, com cálculos baseados nos conceitos da física, vistos a partir do primeiro semestre, o que fez com que a interdisciplinaridade fosse usada durante todo o processo.

A interdisciplinaridade foi notada com bastante facilidade neste projeto, uma vez que, no curso de engenharia, em geral, ela está sempre presente ao longo de todo o curso. Neste projeto, os conceitos de Cálculo e Física foram abordados, utilizados para aplicar na disciplina de Mecânica dos Fluidos. Foi bastante desafiador integrar este projeto na disciplina, mas inovador por usar o estudo de foguetes e tornar a abordagem mais simples e sofisticada.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e a UNIFOR pela oportunidade de realizar este trabalho.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Çengel Y.A, Cimbala, J.M., 2008 Mecânica dos Fluidos: Fundamentos e Aplicações. McGraw-Hill, 850p.
- Carvalho, T., InfoEscola, 2016, Terceira Lei de Newton (Ação e Reação). Disponível em: <http://www.infoescola.com/fisica/3a-lei-de-newton-acao-e-reacao/>. Acesso em 17 de abril de 2016.
- Fox, R.W., MacDonald, A. T., 2014, Introdução à Mecânica dos Fluidos. 8ª edição, Livros Técnicos e Científicos – LTC.
- Krasilchik, M., 2004, Prática de Ensino de Biologia, 4ª Edição, Editora USP, São Paulo.
- Menezes, R., Clube de Astronomia do Colégio Estadual do Paraná, 2016, Foguetes a água. Disponível em: <http://www.cacep.com.br/node/92>. Acesso em 17 de abril de 2016.
- Munson, B.R.; Young, D.F.; Okiishi, T.H., 2008, Fundamentos da Mecânica dos Fluidos. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, p. 28.
- Resnick, Robert; Halliday, David., 2008, Física: 1. 8º ed., Rio de Janeiro: LTC – Livros técnicos e científicos editor.
- Rodrigues, Letícia; Rocha, Antônio; Bortholin, Renato; Marangoni, Augusto, 2013, Projeto Interdisciplinar: Foguete a Propulsão de Água e Pressão de Ar. In: XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2013, Gramado: UFRGS. In: Resnick, Robert; Halliday, David., 1984, Física: 1. 4º ed., Rio de Janeiro: LTC – Livros técnicos e científicos editora.
- Thiesen, Juares da Silva, 2008, A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. Revista Brasileira de Educação, São José, v. 13, n. 39, p. 545, set./dez.
- White, Frank M.; Fecchio, Mario Moro (trad.), 2011, Mecânica dos fluidos. 6. ed. Porto Alegre: AMGH.

9. RESPONSABILIDADE AUTURAL

O autor é o único responsável pelo conteúdo deste trabalho.

THE CHALLENGE OF A INTERDISCIPLINARY EDUCATION PROJECT ON FLUID MECHANICS

Martins, Mônica Veras monicavm@outlook.com
Duarte, João Batista Furlan furlan@unifor.br

Universidade de Fortaleza, 1321, Avenue Washington Soares, Edson Queiroz, 60811-905, Fortaleza-Ce

Abstract. Nowadays, one of the main challenges in the higher education institutions is to make possible that the process of learning be stimulating and that the students take interest beyond the classroom, not only fulfill the disciplines separately, but the ability to integrate them to other knowledge, skills and abilities from other disciplines. Present in several fields, mechanical engineering develops interdisciplinary projects that integrate the knowledge generated in the course. In fluid mechanics, understanding the basics is essential because the fluid is the operating system environment. In this work, the construction of a vehicle propelled by means of pressurized water by compressed air for vertical lifting is proposed, using part of a rocket a disposable plastic bottles (PET). The didactic aim of the project is to awaken the greater interest of the students in Fluid Mechanics. The calculations used to justify the results found after the rocket was launched a few times not always consistent with what is seen in reality. If we take into account factors that affect the flight of the rocket such as friction with the air, the loss of water from the reservoir and the consequent decrease of pressure, also external factors, complicates the application of physical theory, making the calculations very complex. However, even with these difficulties relating these variables becomes easy after we acquire confidence to work with fluids. Thus, with not very complex calculations, it was a project easy to assembly and handling, with an effective proposal which made the use of interdisciplinarity important throughout the process.

Keywords: Fluid Mechanics, Rocket, Bernoulli Equation, Interdisciplinarity.